2 ex.
M
1)

MÉMOIRES

DU

MUSÉUM NATIONAL

D'HISTOIRE NATURELLE

2) B

NOUVELLE SÉRIE

3)

Série B, Botanique

TOME XVII

FASCICULE UNIQUE

) 17-18
) 1968

Hubert GILLET

LE PEUPLEMENT VÉGÉTAL DU MASSIF DE L'ENNEDI (TCHAD)

BIBL. DU MUSEUM D'HIST. NATUR.

PARIS

ÉDITIONS DU MUSÉUM

38, rue Geoffroy-Saint-Hilaire (Ve)

1968

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

ENNEDI

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

MÉMOIRES
DU
MUSÉUM NATIONAL
D'HISTOIRE NATURELLE

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

L 265

MÉMOIRES

DU

MUSÉUM NATIONAL

D'HISTOIRE NATURELLE

NOUVELLE SÉRIE

Série B, Botanique

TOME XVII

FASCICULE UNIQUE

PARIS

ÉDITIONS DU MUSÉUM

38, rue Geoffroy-Saint-Hilaire (Ve)

1968

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

MÉMOIRES DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Série B, Tome XVII, Fascicule unique

LA VÉGÉTATION DU MASSIF DE L'ENNEDI

(Nord-Tchad)

L'Ennedi est décrit par tous ceux qui l'ont parcouru comme un pays enchanteur par la beauté de ses sites, ses vallées boisées, ses nombreuses gueltas, ses excellents pâturages.

Jean CHAPELLE.

L'Ennedi est un massif montagneux, d'une altitude générale supérieure à 1 000 mètres. Il est situé dans la partie Nord-Est de la République du Tchad, et se trouve ainsi placé, à peu près à égale distance entre le golfe de Guinée et la presqu'île du Sinaï.

AVANT-PROPOS

Lorsque j'ai été pressenti — puis ai été accepté — en 1953 pour participer, en tant que naturaliste français, à une mission internationale, patronnée par l'Unesco et dirigée par le docteur F. KOLIMANNSPERGER, j'étais loin de me douter qu'à partir de cet instant, toute une chaîne d'événements allait aboutir à l'étude détaillée de la végétation du Massif de l'Ennedi, et que pendant dix années les missions sur le terrain allaient se succéder au rythme d'une par année, chacune appelant infailliblement la suivante.

Cette mission avait pour but principal d'effectuer une coupe biologique de la moitié Nord de l'Afrique entre Alger et Douala, et d'étudier les variations des conditions de vie suivant la latitude, depuis les rivages de la Méditerranée jusqu'à la forêt dense équatoriale. Elle comprenait deux ethnologues, cinq zoologistes, un géographe et un spécialiste des sciences du sol. C'était là des conditions très favorables pour acquérir une formation de naturaliste africain.

Après avoir traversé, par petites étapes l'un des pays du monde où la végétation est la plus pauvre, me voici tout d'un coup en contact avec la flore du Massif de l'Aïr qui dans les koris est particulièrement prospère. Ce fut une révélation. Les galeries d'*Hyphaene thebaica* (L.) Mart. aux troncs élancés entourés de manchons de lianes et, celles de *Crateva religiosa* Forst. f. presque impénétrables, étaient autant de manifestations de la puissance que peut déployer la végétation tropicale, sitôt qu'elle dispose d'une alimentation suffisante en eau. Je fus très vivement impressionné à l'époque, et je me promettais de revenir dans ce pays dès que possible pour y accomplir une étude botanique beaucoup plus précise. Cette promesse fut tenue un an après en 1955, grâce à la compréhension et à la gentillesse de mon ami Ph. BRUNEAU DE MIRE qui se proposait en effet de rejoindre au départ d'Alger son poste de prospecteur à l'Office anti-acridien à Agadès; il m'offrit fort aimablement une place dans sa voiture (1). De nouveau ma passion de botaniste s'exaltait dans le petit massif des Tarraouadji, éperon méridional du grand Massif de l'Aïr, à la vue de ces vallées verdoyantes constellées de *Vicoa indica* DC., *Rhamphicarpa longiflora* Wight ou d'*Hibiscus dongolensis* Caill. ex Del., etc. Pour la première fois j'étais livré à moi-même dans la « brousse africaine » et je comprenais l'intérêt de la flore tropicale. Je prenais conscience de toutes les passionnantes questions de

(1) Une Frégate Renault.

Source : MNHN, Paris

la biologie végétale. Je m'acharnais à explorer les creux des rochers, à scruter les interstices des dalles, à fouiller les abords des mares, à suivre les berges, et surtout à essayer de trouver des indices susceptibles d'apporter quelque lumière sur l'origine de cette flore installée depuis très longtemps sur ces granits précambriens.

Puis est arrivée l'heure de la mise au point : d'un commun accord, mon collègue Ph. Bruneau de Mire et moi-même avons décidé d'entreprendre une étude de la flore du Massif de l'Aïr. 412 espèces furent identifiées, dont quatre nouvelles : une Papilionacée du genre *Rhynchosia*, une Graminée Eragrostée du genre *Tripogon*, toutes deux affines d'espèces de l'Afrique Orientale, une Composée du genre *Bidens*, hautement spécialisée sans affinité avec aucune autre espèce du genre, et une Nyctaginacée du genre *Commicarpus*.

L'étude systématique a été complétée par une étude du milieu, du peuplement végétal sous l'angle biogéographique, et le problème des origines de la flore fut abordée. Un endémisme centro-saharien commun aux massifs montagneux de l'Aïr, du Hoggar et du Tibesti a été défini. Un fond de flore commun apparaissait en toute netteté. Mais dans toutes ces recherches une sérieuse lacune était à combler. Si la flore du Hoggar avait été sérieusement étudiée par le docteur R. Maire puis par le docteur P. Quezel, nos connaissances sur la flore de l'Ennedi étaient insignifiantes. Or le Massif de l'Ennedi occupe une position privilégiée : il est précisément l'extrémité Sud-orientale de l'arc défini, point d'aboutissement le plus septentrional de la longue dorsale centrafricaine; il est aussi une voie nécessaire empruntée à fortiori par la flore éthiopienne, et même par la flore indienne dans leur progression vers l'Ouest. Il est en quelque sorte un carrefour stratégique où viennent en contact, non seulement les flores tropicales éthiopienne et occidentale, mais les flores saharienne et sahélienne et même soudanaise. Ainsi, l'Ennedi apparaissait comme une terra incognita, une terre promise. De plus, notre collègue Bruneau de Mire avait dans une longue méharée, effleuré la lisière méridionale du massif et en avait conservé un souvenir inoubliable : celui d'un pays étonnamment vert pendant la saison des pluies, où l'eau abonde. Il fournissait un détail important, l'Ennedi est un massif gréseux, différant en cela des massifs voisins qui sont surtout granitiques. Cette révélation était pleine de promesses si l'on tient compte du fait que les grès se comportent comme des roches dotées d'une certaine porosité. Enfin il faut le reconnaître, le goût de l'aventure et du risque, le désir de pénétrer dans une région méconnue, partiellement inexplorée, et — en faisant le point de mes connaissances botaniques dans une région non prospectée — celui de signer une œuvre strictement originale, agissaient comme autant de stimulants. Ma décision devint formelle. J'étais décidé à consacrer plusieurs années de ma vie à l'Ennedi. Il ne me restait plus — et c'était quand même là l'essentiel — qu'à trouver les moyens de se rendre dans ce pays retiré, d'accès difficile et éloigné de tout axe de communication.

Source : MNHN, Paris

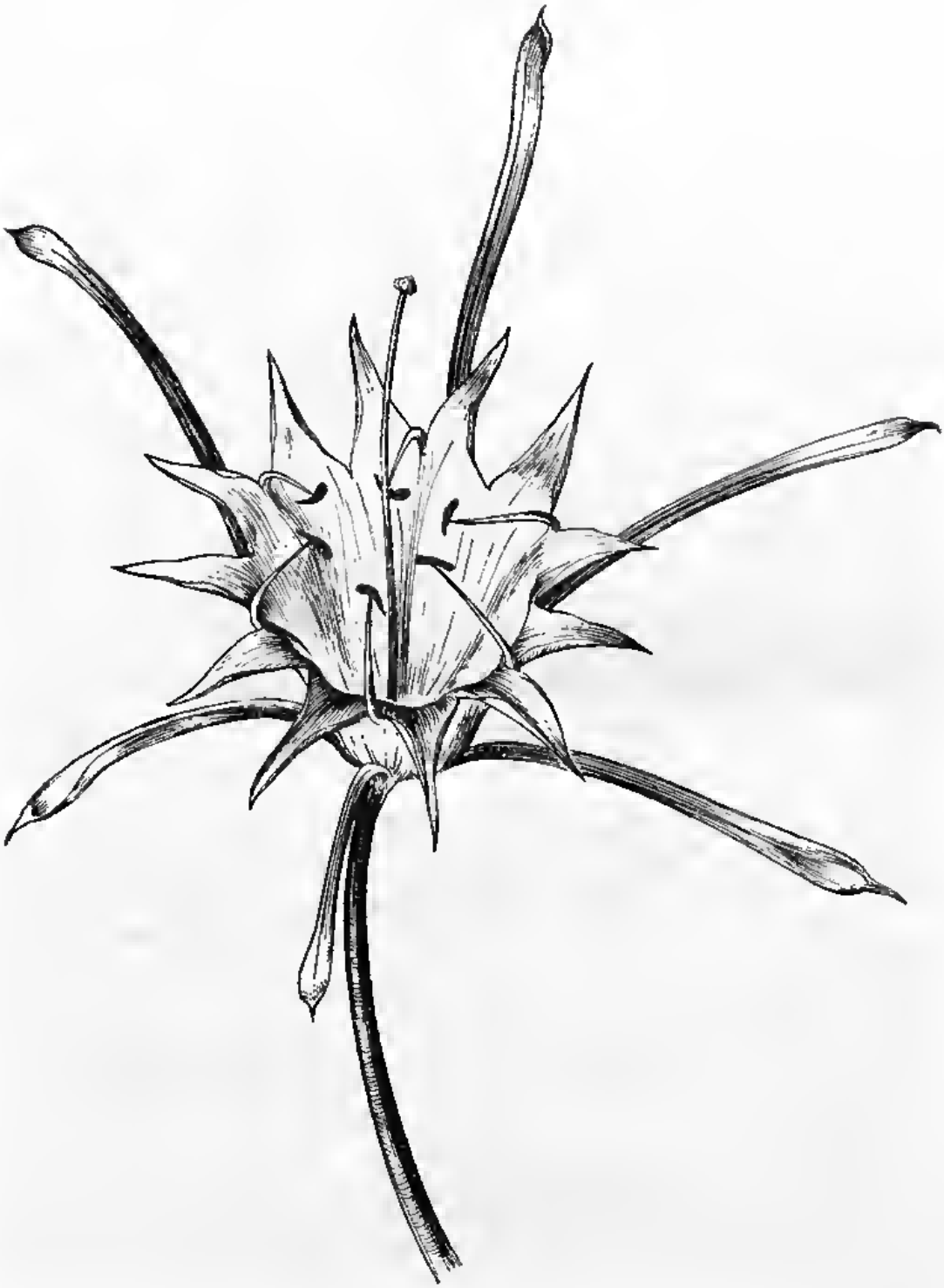


PLANCHE I

Pancratium trianthum **Herbert**
dont les grandes fleurs blanches très décoratives
apparaissent une quinzaine de jours après les premières pluies.

Source : MNHN, Paris

PRÉLIMINAIRES

REMERCIEMENTS

Il est facile de se rendre compte qu'organiser des expéditions en Ennedi en partant de Paris ou de Fada — petit poste militaire qui contrôle le pays — pose de singuliers problèmes et oblige l'intéressé à de nombreuses sollicitations. C'est pourquoi il est bien agréable à l'auteur d'exprimer ici sa reconnaissance aux Organismes et à tous ceux qui par leur intervention, leur aide, leur présence contribuèrent au succès des missions.

Notre reconnaissance va en tout premier lieu à trois Organismes dont l'aide fut déterminante : d'abord le Muséum national d'Histoire naturelle en la personne de son directeur, M. le professeur Roger HEIM, membre de l'Institut, de M. le professeur R. PORTÈRES, directeur du Laboratoire d'Agronomie tropicale, devenu Laboratoire d'Ethnobotanique et des membres de l'Assemblée des professeurs qui m'ont accordé leur pleine confiance à l'occasion de chacune de mes missions. Puis le C.N.R.S. qui, à deux reprises — en 1958 et 1959 — m'accorda une subvention destinée à couvrir les frais de voyage et ceux de caravane (je remercie tout particulièrement les membres de la Commission de Biologie végétale pour l'appui donné à mes demandes). Enfin à l'O.R.S.T.O.M. et tout particulièrement à M. A. BOUCHARDEAU, qui m'accorda de larges facilités en 1958 et surtout à M. J. PIAS qui, très gracieusement, mit à ma disposition l'infrastructure du Centre O.R.S.T.O.M. de Fort-Lamy, dont il avait la direction en 1962. Je suis conscient de lui devoir la réussite de l'organisation de la campagne 1962. Ce fut certainement de toutes les aides reçues celle la plus généreuse et la plus efficace (à la fois sur le plan financier et sur le plan matériel). Qu'il trouve ici l'expression de ma haute gratitude.

Sur le plan local, j'ai trouvé à chacune de mes misaions la plus grande compréhension et ce m'est un plaisir de citer tous ceux qui ont contribué par leurs initiatives au succès de mon entreprise.

Mes remerciements, donnés dans l'ordre chronologique, vont à :

M. CARVALHO, prospecteur en 1957 et 1958 à l'Office anti-acridien, qui eut à plusieurs reprises la gentillesse de me transporter avec mes bagages (1).

M. M. ROCHE, chef de mission d'Hydrologie auprès du service O.R.S.T.O.M. de l'Électricité de France, qui eut l'amabilité de me véhiculer dans sa Land Rover pourtant déjà surchargée (2)

M. C. DOUNIE, agent technique de l'O.R.S.T.O.M. qui m'a offert une place fort appréciée dans son pick-up Delahaye (3).

L'organisation militaire qui jusqu'au 1er janvier 1965 a assuré l'administration civile de l'Ennedi, en particulier au Colonel J. CHAPELLE qui, en 1957-1958-1959, a soutenu mes expéditions de sa haute autorité et plus spécialement aux Capitaines commandant la compagnie basée à Fada :

Capitaine NUTY (promu depuis Commandant) qui a eu l'extrême mérite de me révéler en 1957 l'existence de la magnifique et si intéressante Gorge de Maya.

Capitaine P. LAMBOTTE (promu par la suite Commandant) qui en 1958 et en 1959 m'a accordé sa sympathie franche et cordiale et a facilité grandement ma tâche en me faisant bénéficier de toutes sortes de facilités (4).

(1) D'Abéché à Fada (en juillet 1957); d'Abéché à El Geneina première étape dans notre voyage au Djebel Marrah (en octobre 1958); de Fort-Lamy à Abéché (entre le 3 juillet et le 8 juillet 1958) et d'Abéché à Fada par la route de la frontière soudanaise, via Adré, Djimess, Guereda, Iriba, Birdoane, Birbedoba, Ito, Bachikélé, Déli (entre le 12 juillet et le 22 juillet 1958).

(2) De Fort-Lamy (départ le 29 juin 1959) à Abéché.

(3) Au départ d'Abéché (le 5 juillet 1959) et me conduisit à Fada où nous arrivions le 8 juillet 1959.

(4) Je n'oublierai jamais son intervention énergique au moyen d'une coupe de champagne accompagnée de cachets de Bemarsal Tifomycine et Direxiode, grâce à laquelle ma dysenterie amibienne fut miraculeusement guérie. Je me souviendrai toujours de la protection efficace dont il m'entoura contribuant ainsi au succès des missions suivantes.

Source : MNHN, Paris

Capitaine MOULÈNE qui m'a accueilli en 1962 avec la chaleur et la spontanéité dont il a le secret. Je sais fort bien tout ce que je dois à ce vaillant « méhariste » qui a eu la suprême délicatesse de me considérer, suivant son expression, comme « l'un des nôtres ». Il assura avec les chameaux, leur équipement complet, les vivres, les conseils, le succès complet de cette mission 1962 sur le plan exploration du terrain.

Capitaine J. M. MASSIP, qui m'a accueilli en 1964 dans ce climat de confiance et de communion totale que sait réserver un méhariste quand il reçoit un de ses collègues dans son « carré » (1). Grâce à son intervention ferme et précise la mission 1964 n'a posé aucun problème et les sept chameaux militaires sollicités étaient présents au rendez-vous, tout équipés, à l'heure et au jour dits. J'ai conscience d'avoir été le seul civil à bénéficier de telles facilités. Ma reconnaissance n'en est que plus grande.

Je voudrais aussi mentionner dans cet hommage rendu aux officiers du 8e C.M.T.C., les lieutenants et les subordonnés qui accomplirent de multiples tâches avec dévouement, par exemple celle très appréciée de me faire parvenir un chameau courrier. Citons les lieutenants CARON, GROSPELLIER et PASCAL, devenus tous les trois Capitaines et le Sergent Ch. CHABRIER pour les années 1957 et 1958; les lieutenants MASSENET et MEILLERET pour 1959; le lieutenant SANNAT pour 1962 et 1964 et le sergent-chef SARRON pour 1964.

Je suis heureux également d'avancer ici les noms de mes deux jeunes élèves Alain FOURNIER et Michel SERRANO qui dans la mission 1964 ont dépensé leur énergie sur le terrain pour m'aider en toutes circonstances : ascensions périlleuses, comptage des plantes sur des surfaces définies, portage de l'herbier, mesures diverses. Nous souhaitons que ce premier séjour soit pour eux le point de départ d'une longue et fructueuse carrière dans la recherche scientifique outre-mer. Qu'Alain FOURNIER reçoive ici mes remerciements renouvelés pour son dévouement et mes encouragements pour son avenir.

Il reste, avant de citer tous ceux qui m'ont aidé de leurs conseils éclairés dans la rédaction de ce travail, à m'acquitter d'une tâche qui m'est chère entre toutes, celle de remercier tous mes amis africains, ces Goranes fiers de leur race et de leur pays, qui, pendant cinq campagnes, ont abandonné leurs occupations pour me suivre dans les sites les plus sauvages et les plus retirés : ils ont été mes compagnons de chaque instant, des bons et des mauvais jours. Ce sont eux qui étaient chargés de la plus grande partie de la besogne matérielle indispensable, et quelle besogne! charger et décharger chaque matin et chaque soir des centaines de kilos d'équipement et de vivres, conduire chaque jour les chameaux au pâturage, les abreuver, entretenir et réparer le harnachement, monter avec célérité les tentes pneumatiques dès que la tornade menaçait et mettre à l'abri tout le matériel, faire les corvées d'eau en remplissant les jerrycans et en les portant sur leurs épaules, parfois pendant de longues distances, faire les corvées de bois, etc. Ce sont eux qui ont guidé mes premiers pas de profane dans ce monde subdésertique si abstrait et si étrange pour l'européen civilisé que j'étais, qui m'ont appris à lire et à interpréter les moindres indices visibles sur le sable, à détecter la présence de la vipère à corne, à mettre mes affaires à l'abri des termites, à consommer les fruits sauvages. Je leur dois d'avoir pu goûter les charmes d'une façon de vivre passionnante, si exceptionnelle maintenant à la surface de la terre, en contact direct avec la nature. Ils m'ont suivi fidèlement, sac au dos, au cours des pérégrinations qui à leurs yeux paraissaient vraiment excentriques, comme celles de gravir préférentiellement les éboulis, de s'insinuer volontairement dans les chaos rocheux les plus encbevêtrés, d'escalader les parois les plus abruptes, de remonter systématiquement les gorges les plus difficiles en sautant de bloc roulé en bloc roulé. Et ce pour quel résultat : ramasser avec précaution de temps en temps un brin d'herbe, un rameau feuillé ou une fleur fanée et les placer délicatement entre deux feuilles de papier buvard! C'est dire que leur patience et leur dévouement étaient mis à rude épreuve et combien leur aide est digne d'éloge. Ce sont eux qui bien souvent et inconsciemment m'ont réconforté et ont atténué mes fatigues, quand le soir venu ils entamaient leurs mélopées au milieu du silence de la nuit.

Sans eux, sans leur attachement, sans leur compréhension, sans leur ardeur, sans leur courage, cette minutieuse étude, dont l'essentiel réside dans l'exploration méthodique d'une

(1) Allant jusqu'à venir m'apporter le jour de mon départ ces boîtes métalliques de « Quaker Oats » qui m'ont procuré force et courage dans bien des circonstances et en particulier sur le plateau couronnant le Mont Aloba.

Source : MNHN, Paris

région fort difficile d'accès, n'eût certainement pu voir le jour. Je leur dois beaucoup et c'est justice de les tirer pendant quelques instants de leur anonymat. Ainsi furent à mes côtés :

— en 1957 le guide CHICHI, les chameliers COLLO, ASBALLA et BARKAI, le cuisiner BARKALLA;
— en 1958 le guide DJEMA GUETTIMI, l'apprenti ALI, les chameliers ISSAHI, ELI, BARKAI, le cuisinier ABRAHIM;
— en 1959 le guide DJERMA GUETTIMI, les chameliers DJEME, BARKAI, ABDENEBI, le cuisinier ALI.
— en 1962 les convoyeurs ABDENEBI, COLLO, BARKAI, ALI, le cuisiner DJIBRIN.
— en 1964 les convoyeurs ABDENEBI, DARINGAL, le bella militaire EMOKO, le cuisinier ALI.

Ai-je le droit aussi de passer sous silence tous ces braves gens, ces quelques humbles bergers, ces quelques modestes nomades qui vivent dans ce pays bien désbérité et qui au hasard de nos campements, venaient m'offrir le peu dont ils disposaient : une calebasse de lait, un peu de beurre liquide, quelques dattes séchées, voire un mouton ou une chèvre? C'est la « fraction » toute entière des Taobas qu'il faudrait remercier de leur hospitalité. Que leur valeureux chef actuel DJOKOTI, que je n'hésite pas à appeler mon ami, soit à la place d'bonneur.

Le transport des bagages et des collections entre Paris et Fort-Lamy et vice-versa a été effectué à chaque voyage par la Compagnie aérienne U.A.T. devenue U.T.A. J'adresse à cette active Compagnie mes sentiments de vive satisfaction et ma non moins vive reconnaissance pour toute la sympathie bienveillante que son personnel m'a témoignée.

L'étude de la végétation d'une région aussi bien circonscrite que l'Ennedi n'a pas du tout pour objectif l'établissement d'un catalogue de plantes. Il convient de placer l'individu plante dans son milieu, d'essayer de dégager les causes de sa présence sur l'emplacement où il se trouve, de préciser les facteurs qui commandent la floraison, bref de sentir vivre la plante en tant qu'être vivant. Une sorte de communion a relié dans ce travail les plantes à l'observateur, qui a vécu au milieu d'elles jour et nuit, guettant leur germination, leur croissance, leur floraison, leur anthèse, leur fructification, leur déclin. C'est le résultat d'une longue vocation qui a pris naissance sur les bancs de la Sorbonne pendant les cours de M. le professeur MANGENOT. J'étais loin de réaliser à l'époque qu'elle se concrétiserait par une œuvre nécessitant 7 à 8 années de recberches. Depuis elle n'a fait que s'affermir. La pensée de ce Maître n'a cessé de guider mes pas de botaniste tropical, d'éclairer directement mon chemin en me fournissant des faits, m'incitant à la réflexion, me donnant le fil directeur. C'est pourquoi j'ai été extrêmement sensible et flatté de l'bonneur qu'il me fit en acceptant de présider mon jury de thèse. J'ai parfaitement conscience de tout ce que ce travail doit à M. G. MANGENOT. Qu'il veuille bien trouver ici l'expression de ma très sincère et infinie gratitude.

M. le professeur R. SCHNELL, en tant que spécialiste de la Botanique tropicale, a eu la gentillesse de s'intéresser tout particulièrement à cette étude et de me prodiguer maints conseils dictés par la longue et irremplaçable expérience qu'il a de la flore guinéenne. Je lui adresse tout particulièrement mes profonds remerciements.

M. le professeur G. LEMEE fort obligeamment m'a fourni de précieux renseignements sur l'adaptation des plantes au milieu désertique, et des indications sur certaines méthodes d'étude praticables sur le terrain. Je l'en remercie bien vivement et lui exprime ma grande satisfaction de savoir qu'il figurera au sein du jury.

J'exprime ma gratitude à M. le professeur TH. MONOT, membre de l'Institut, qui a bien voulu me faire l'bonneur d'accepter d'être membre du jury, bonneur auquel je suis d'autant plus sensible que M. TH. MONOT parcourait lui-même le massif de l'Ennedi à dos de chameau cinq mois avant la soutenance.

Les observations et les recberches sur le terrain, bases essentielles de ce travail, pour si importantes qu'elles soient, resteraient lettre morte si elles n'étaient coordonnées, comparées, soumises à la réflexion et présentées en un travail de synthèse. Je dois à M. le professeur R. PORTERES, directeur du Laboratoire d'Ethnobotanique, toute liberté de manœuvre dans ce domaine. Ce sont là des conditions très agréables, très favorables et extrêmement appréciées. M. R. PORTERES mérite bien la grande gratitude que je lui témoigne. Mon excellent et savant ami M. Jean F. LEROY, professeur au Muséum, ne m'a pas ménagé ses encouragements en toutes circonstances, me donnant avec beaucoup de clairvoyance l'avis précis et sûr où l'opinion circonstanciée adaptés à chacune de mes sollicitations. Il sait bien quelle grande affection je lui porte.

Source : MNHN, Paris

Une étude de la végétation de l'Ennedi n'avait une signifiestion réelle à mes yeux que si elle embrassait la presque totalité des espèces du Massif. Cela impliquait non seulement la récolte de toutes les espèces rencontrées, mais aussi leur détermination, et c'est là que de nombreuses difficultés ont surgi. Nous avons fait maintes fois appel à l'inestimable Herbier du Laboratoire de Phanérogamie du Muséum et c'est pour moi un bien agréable devoir que de remercier MM. les professeurs H. HUMBERT et A. AUBREVILLE qui m'ont donné toutes facilités et m'ont ouvert toutes grandes les portes d'accès des précieuses collections.

Une autre difficulté devait être résolue : celle d'identifier certaines plantes litigieuses, qui ne peuvent l'être que par des spécialistes avertis. Je fis ainsi appel à M. W.D. CLAYTON de Kew (pour certaines Graminées et en particulier pour certaines espèces des genres *Eragrostis* et *Brachiaria*) à Mme S. JOVET-AST pour les Hépatiques, à M. H. JACQUES-FÉLIX pour certaines Andropogonées, à M. J. RAYNAL pour les Cypéracées, à M. H. HEINE pour vérifier certaines Borraginacées et Convolvulacées, à Mlle M. KERAUDREN pour deux espèces de Cucurbitacées, à M. P. BOURREIL pour vérifier certaines *Aristida*. Le Rev. Père J. BERHAUT a toujours examiné avec la plus grande des bienveillances les échantillons que je lui soumetmais, confirmant certaines déterminations, en précisant d'autres. Je lui dois l'identification d'une petite Scrofulariacée « insignifiante en apparence » mais sur laquelle j'avais passé bien des heures « *Glossostigma diandra* (L). O. Ktze. ». Que tous veuillent bien trouver ici l'expression de mes sentiments reconnaissants.

Je ne saurais passer sous silence les noms de M. G. VILLAIME qui m'a assisté en bien des occasions dans le développement des films photographiques, de M. DEVES qui a procédé avec beaucoup de soin au tirage des 33 planches photographiques et de M. LIGER qui a bien voulu se charger, avec une maîtrise et un art auxquels je rends hommage, de la difficile tâche d'exécuter les planches de dessin. Je suis redevable à Mlle A. PLU d'une tâche espitale mais délicate et fort ingrate, dont elle s'est acquittée avec besucoup de talent et de complaisance, celle de dactylographier le présent manuscrit. Que cette technicienne émérite veuille bien accepter l'expression de mes compliments et de mes remerciements. Enfin Melle CHALOPIN a bien voulu avec beaucoup de dévouement se charger de l'astreignant travail qui consiste à lire le texte initial et à corriger les trois épreuves successives. C'est pourquoi je lui adresse mes remerciements bien chaleureux.

Source : MNHN, Paris

PREMIÈRE PARTIE

CLIMATOLOGIE

I. GÉNÉRALITÉS

1° L'Ennedi, pays tropical

L'Ennedi de par sa situation géographique est situé en zone tropicale sahélienne, ce qui lui vaut d'être soumis à un climat typiquement sahélien caractérisé par l'alternance d'une très courte saison des pluies (de l'ordre de 5 à 6 semaines) et d'une très longue saison sèche. La saison des pluies se place toujours en été (du 20 juillet au 1er septembre d'une manière générale). Elle intervient d'une façon déterminante et magistrale dans l'activité biologique. Tout le rythme de la Nature est ainsi sous la dépendance des pluies d'été. Celles-ci en quelques jours modifient radicalement le paysage. Les étendues sablonneuses pelées et désertiques se métamorphosent en vertes et opulentes prairies, bien inattendues pour un observateur non averti. L'arrivée des pluies, qui se produit pendant la saison chaude, crée des conditions éminemment favorables pour la croissance de la végétation qui dispose ainsi simultanément de chaleur et d'humidité. Ce rythme s'oppose totalement au rythme méditerranéen caractérisé par un été sec et torride, les plantes entrant en activité immédiatement après les froids hivernaux, avec les premières ondées de printemps. Dans l'Ennedi la sécheresse est extrême pendant 10 mois de l'année et c'est l'arrivée de la première vague d'humidité qui lance le signal de la remise en activité de la végétation. La température est suffisante pendant toute l'année pour assurer le développement des végétaux, le facteur limitant est l'humidité.

2° Détermination de l'arrivée des pluies

L'arrivée du souffle humide en provenance du Sud-Ouest — c'est-à-dire du Golfe de Guinée — est liée au déplacement du soleil qui lui-même fait remonter vers le Nord l'Equateur thermique. La surchauffe des étendues centre sahariennes avec le solstice d'été appelle l'air humide qui semble frais par rapport à l'air continental. La projection au sol de la zone de contact entre les deux masses d'air d'origine différente est le F.I.T. (1). Le passage du F.I.T. dans l'Ennedi se produit en général au mois de juin ou parfois en mai et se traduit par une légère augmentation du degré hygrométrique de l'air. L'eau des guerbas devient moins fraîche. Mais à cette époque le F.I.T. n'est pas stable. Il procède par bonds successifs, s'avançant vers le Nord, puis régressant et cela souvent plusieurs fois de suite. A cette époque la masse d'air humide est trop diluée dans l'air sec continental et n'est pas assez épaisse pour provoquer la formation des tornades par cumulification. C'est une époque très chaude, légèrement humide et pénible. Puis le F.I.T. se stabilise loin au Nord de l'Ennedi. La masse d'air humide s'insinue délibérément sous la masse continentale et la repousse au-delà de la limite Nord de l'Ennedi. La saison des pluies s'installe.

Avec la fin du mois d'août et le déplacement vers le Sud de l'Équateur thermique qui à cette époque ne se trouve que peu au Nord de l'Ennedi (sur le 20e parallèle approximativement), la zone d'attraction surchauffée est trop près de l'Ennedi pour que le massif puisse encore recevoir l'air humide. L'air sec qui ne trouve plus de résistance devant lui envahit très brutalement le pays.

(1) Initiales de Front Intertropical.

Source : MNHN, Paris

3° Les saisons

Le climat de l'Ennedi est dominé par l'arrivée des pluies, mais en raison de la latitude (entre 16° et 18° de latitude Nord) l'influence de l'hiver s'y fait sentir également avec une grande netteté. L'action combinée des pluies et des froids hivernaux et suffisamment importante pour déterminer des saisons bien tranchées. Celles-ci sont si bien définies par les habitants qu'elles portent chacune des noms différents.

a. *La saison des pluies* « Nieli » (gorane), Kerif (arabe).

C'est la saison la plus marquante (mi-juillet, début septembre). Elle est attendue avec impatience car elle libère les habitants de la tyrannie de l'esu, de la soif et de la corvée des abreuvoirs. C'est l'époque du renouveau. Les pâturages sont abondants. Les animaux mangent. Les chamelles donnent du lait. Mais d'est l'époque des moustiques et des fièvres. Les habitants fuient les parties basses, insalubres, pour se réfugier sur les hauts plateaux de l'Ennedi.

b. *La saison intermédiaire,* Aoualaï (gor.), Derré (ar.).

Elle se place aussitôt après les pluies et dure jusqu'aux premiers froids (début septembre, fin novembre). C'est la meilleure époque de l'année. Les pâturages se dessèchent, mais les animaux trouvent une nourriture substantielle en consommant les plantes qui ont donné fruits et graines; les gueltas ont été remplies par les pluies et l'esu n'est pas difficile à trouver. Le lait coule, les réserves de beurre se constituent. C'est l'époque des fêtes et des réjouissances. Le climat est extrêmement sain, chaud le jour, mais sec, frais à très frais la nuit. Il ne pleut pas, les moustiques ont disparu. L'Européen éprouve une sensation réelle de bien-être. L'évaporation est forte et l'eau des gueltas et des guerbas est d'une grande fraîcheur. Les écarts de température nycthéméraux sont les plus forts de l'année (jusqu'à 30°). Les nuits sont claires et limpides.

c. *La saison froide,* Donsou (gor.), Chittei (ar.).

Elle correspond à l'hiver boréal et s'étsle pendant la deuxième quinzaine de novembre et les mois de janvier, février. Les nuits sont franchement froides (température comprise entre 5 et 10°) les habitants restent engourdis et transis de froid jusqu'à 8 heures du matin. Des vents violents venant de directions comprises entre le Nord et l'Est soufflent en tempête sur le Basso, sur le platesu Erdébé et dans la dépression du Mourdi. Il arrive en altitude que le thermomètre approche du zéro. Les habitants résistent mal au froid. Ils toussent. L'évaporation est plus faible. Bêtes et gens fréquentent certaines grandes gueltas qui contiennent encore de l'eau. L'Ennedi est souvent recouvert d'une brume dense et sèche provoquée par le sable en suspension dans l'air et le soleil apparaît comme un cercle blanc.

d. *La saison chaude,* Bourro (gor.), Sef (ar.).

Dès mars la température s'élève. Les vents diminuent de violence puis cessent. Le mois de mai et le début de juin sont très chauds. La température dépasse souvent 40°. Les nuits tout en restant supportables ne sont plus fraîches. Les oueds encaissés aont transformés en fournaise et deviennent pendant le jour insupportables, même aux chameaux. Seule la végétation arborée subsiste. Les animaux vivent sur leurs réserves; le problème de l'eau devient crucial. Le bétail est obligé de se rabattre sur les rares points d'eau permanents : quelques gueltas, et les sources de la bordure (Archeï, Bachikélé, Déli, etc.). Dans certains cas il faut creuser des puisards et extraire l'eau « delou par delou ». C'est une époque pénible. Les animaux souffrent de la soif, et si la saison des pluies précédente n'a pas été suffisante, il y a une grande mortalité parmi le bétail.

e. *La saison chaude et humide* (mais sans pluie), Eggué (gor.), Racchach (ar.).

Elle correspond au mois de juin, au passage du F.I.T. L'air contient un peu d'humidité, mais le ciel est sans nuage et la chaleur est très forte. La chaleur donne l'impression d'être lourde, étouffante. On devine l'arrivée des pluies, mais celles-ci sont encore loin vers le Sud. C'est une époque extrêmement pénible. Les habitants deviennent irritables. Les animaux sans force restent cantonnés près des points d'eau. Certains se couchent par terre et n'ont plus la force de se relever. Le paturage est absent.

Source : MNHN, Paris

II. PLUVIOMÉTRIE

La pluviométrie est le facteur le plus puissant qui commande les phénomènes biologiques dans les régions sahéliennes et surtout dans celles à caractère extrême, comme c'est le cas pour l'Ennedi. Tout est lié à la pluie. Les habitants distinguent les bonnes années, celles où il pleut bien, et les mauvaises années, celles où la pluie est rare. De la quantité d'eau qui va tomber pendant la saison des pluies et de sa répartition va dépendre le sort des hommes et des bêtes. La tyrannie de l'eau est poussée à un point inimaginable. Le développement de la végétation est tout entier tributaire des pluies. L'arrivée des pluies métamorphose le paysage; les étendues de sable désolées deviennent de vertes prairies. Dès que les pluies cessent, le tapis herbacé se flétrit et disparaît; il est donc essentiel de faire une étude poussée de la pluviométrie.

1° Différents types de pluie

Pendant la saison des pluies, l'Ennedi se trouve placé en arrière du front intertropical. C'est pourquoi les précipitations se présentent sous les formes qu'elles revêtent en région tropicale et sahélienne.

a. *Ligne de grains.*

C'est la forme de précipitation de beaucoup la plus fréquente. Elle procède presque toujours de la même façon. Le matin le ciel est pur; vers 9 h 30-10 heures apparaissent quelques cumulus *mediocris* qui ne tardent pas à grossir. Vers 11 heures le ciel est couvert de cumulus blancs semblables aux cumulus de beau temps des régions tempérées. Vers midi ils se fondent en masses nuageuses qui prennent rapidement de l'extension verticale. La masse nuageuse demeure quelque temps immobile, s'assombrit en son centre; des phénomènes électriques apparaissent dès que les condensations sont suffisamment élevées pour entrer en contact avec l'harmattan. Quelques grondements sourds de tonnerre retentissent. Le corps de la tornade est alors formé.

La tornade entre en activité et s'élance suivant un axe E-NE O-SO. Elle est précédée d'un souffle violent qui soulève un nuage jaunâtre de poussière. L'ensemble donne l'impression d'un front qui s'élance rapidement. Les premières gouttes sont grosses. Elles arrivent très obliquement, poussées par le vent. L'intensité de la pluie est très rapidement maximale. Puis elle baisse et la fin de la pluie se produit au bout de vingt à trente minutes. Les lignes de grains sont constituées d'orages ou « tornades » semblant chacun avoir sa vie propre, et se déplaçant assez rapidement. Traversant l'Ennedi les lignes de grains suivent des axes plus ou moins parallèles, d'Est en Ouest, laissant entre elles des bandes de terrain peu ou pas arrosées. Comme nous le verrons, l'importance des lignes de grains est variable selon les années. La tornade elle-même dans son déplacement présente au début une grosse activité puis elle s'atténue assez rapidement et au bout d'une quarantaine de kilomètres de parcours, elle ne donne plus de pluies importantes. Les axes des lignes de grains varient suivant les jours, mais certains axes semblent privilégiés; ceci pourrait expliquer le maintien de certaines espèces d'affinité soudanaise sur le versant Nord en dehors de toute station spécialement humide (*Lannea humilis* par exemple). La masse d'eau arrive d'un seul coup sur le sable qui n'a pas le temps de l'absorber; une partie importante ruisselle et sera entraînée à la périphérie du Massif.

b. *Orages isolés.*

Dans certains cas, en fin de saison des pluies — où dans une période d'activité orageuse réduite — il se forme isolément par cumulification locale, un orage intéressant un secteur de faible superficie; sa durée est brève et son déplacement lent. L'orage isolé est plus fréquent pendant les années déficitaires. Il se développe quand les masses d'air humides sont épuisées partiellement (après une série de jours de pluie) ou quand elles sont à bout de course, ce qui est le cas quand le front intertropical stagne sur l'Ennedi.

Il arrive qu'un orage isolé survienne au milieu d'une zone où il n'a pas plu. Les effets sur le terrains sont alors spectaculaires. Au milieu d'une zone sans végétation surgit une zone verte où les plantes annuelles à cycle rapide sont en plein développement et dominent toutes les autres plantes. Or ce cas est assez fréquent et donne à penser que les zones non arrosées

Source : MNHN, Paris

surchauffées par le soleil, sont le siège d'une élévation d'air chaud qui se condenserait localement en altitude au contact de l'air plus froid. L'effet est heureux et tend à homogénéiser la pluviosité sur l'ensemble du pays.

c. *Pluies atténuées de mousson.*

Ces pluies diffèrent des précédentes parce qu'elles se produisent en l'absence de tout phénomène électrique, et parce qu'elles sont amenées par des nuages en provenance du Sud-Ouest. Ce sont des pluies typiquement océaniques, de longue durée et de faible intensité Elles n'ont lieu que la nuit ou dans les toutes premières heures de la matinée. Elles sont accompagnées d'une très grande humidité de l'air. On ne les enregistre qu'au cours des années de forte pluviosité et au mois d'août seulement.

La vraie pluie de mousson, massive et de longue durée n'atteint pas l'Ennedi, sauf cas tout à fait exceptionnel (pluie séculaire). Il semble que ce fut une réelle pluie de mousson qui tomba sur l'Ennedi pendant la fameuse nuit de 1914 (voir p. 13).

d. *Pluies en marge des systèmes nuageux.*

Ce sont des pluies de faible intensité couvrant de grandes surfaces. Les phénomènes électriques sont très atténués. Elles se distinguent des pluies de mousson par leur direction; elles progressent dans le même seus que les lignes de grains. Le plafond nuageux est plus élevé que dans les tornades. Elles ont souvent l'allure de traînes. Ce sont parfois des ébauches avortées de lignes de grains; elles se caractérisent alors par des gouttes qui laissent des traces sur le sable, mais ne sont pas enregistrables au pluviomètre. De tels phénomènes sont fréquents les années déficitaires.

Ces pluies, en apportant des petites doses d'eau sur le sol, réparties sur un temps prolongé, sont très favorables à la végétation. Ce sont des pluies d'entretien, favorisant les phénomènes biologiques et en particulier l'anthèse et la fécondation.

e. *Grêle.*

Les chutes de grêle sont très rares. Une chute a été signalée en 1934. J'ai eu la chance d'assister dans l'Ennedi à un phénomène de cette nature. C'était le 20 août 1962 près de la mare de Gourka (17°04' de latitude N et 22° 27' de longitude E), au cours de la plus violente tornade que j'ai jamais subie dans les pays tropicaux. La chute des grêlons a commencé cinq minutes après le début de la pluie. Elle s'est poursuivie pendant quatre minutes (1). Les plus gros grêlons atteignaient 1,7 cm de diamètre. Au bout de cinq minutes de présence sur le sol, ils étaient entièrement fondus, mais le thermomètre indiquait 16° 8, température la plus basse enregistrée de jour au cours d'un orage.

2° Pluviométrie annuelle

a. *Observations pluviométriques du poste de Fada.*

L'isolement du Massif de l'Ennedi et l'absence de villages fixes font que, seul, le poste de Fada a bénéficié d'une étude climatologique. Nons disposons de données à peu près continues depuis 1934. Celles-ci ont été enregistrées par le sous-officier radio du poste de Fada, qui était chargé officiellement de cette fonction. Un abri météorologique classique est installé à cet effet sur le toit d'une des cases du poste. Bien que les conditions d'emplacement de l'abri ne soient pas celles recommandées, notamment pour les mesures de température, elles donnent de bonnes indicatious pour les mesures pluviométriques.

Période 1935-1949 :

L'Ingénieur Braquaval qui a été chargé d'une étude hydrologique en Ennedi pendant l'année 1957, a consulté, pour la période 1935-1949, les annales des Services météorologiques de la France d'Outre-Mer. Il s'ensuit que la moyenne des pluies pour cette période est à Fada de 71,7 mm. Nous avons de bonnes raisons pour ne pas accorder à ce chiffre un trop grand crédit. Il fait état en effet d'une hauteur de 1 mm pour 1948. Or, de l'avis unanime des habitants, il a plu en 1948.

(1) Entre 14 h 22 et 14 h 27.

Source : MNHN, Paris

Période 1950-1964 :

Par contre, des données, vérifiées sur documents originaux au poste de Fada et tout à fait en accord avec les dires des habitants, intéressent la période 1950-1964. Nous avons pu contrôler le bien fondé des valeurs pendant nos 5 séjours de 1957-1958-1959-1962 et 1964.

Voici ces chiffres :

1950.....	154,3 mm	1958.....	137,6 mm
1951.....	79,2 mm	1959.....	144,8 mm
1952.....	140,2 mm	**1960.....**	**28,8 mm**
1953.....	143,7 mm	1961.....	128,6 mm
1954.....	**191,5 mm**	1962.....	114,9 mm
1955.....	91,7 mm	1963.....	66,1 mm
1956.....	153,9 mm	1963.....	130,5 mm
1957.....	62,4 mm		

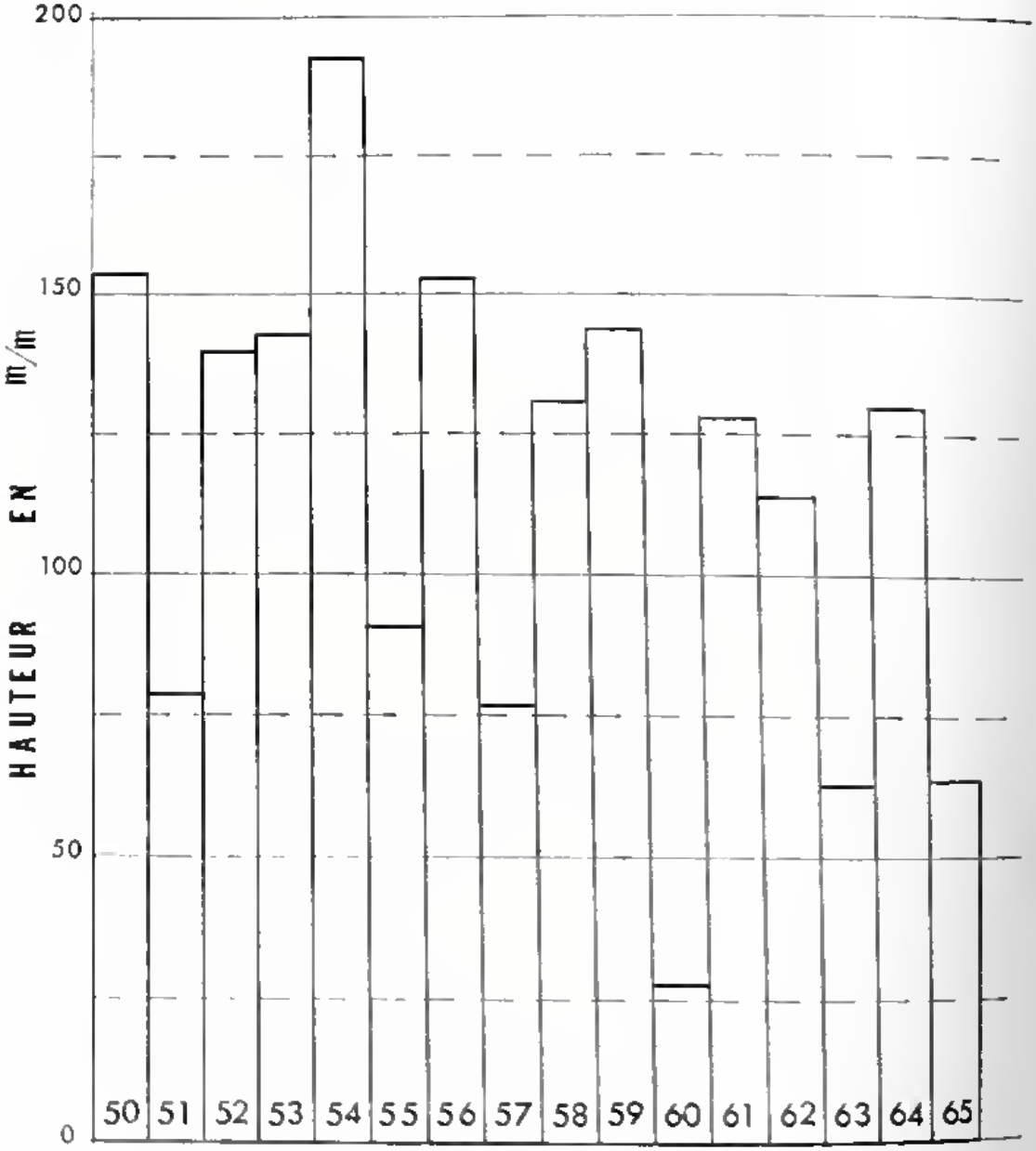


Fig. 1

Variations de la pluviométrie annuelle à Fada de 1950 à 1965

Source : MNHN, Paris

La moyenne calculée sur cette période 1950-1964 est de 118,5 mm. Ce chiffre est nettement plus élevé que celui admis par tous les auteurs, même les plus récents, qui placent l'Ennedi à l'extérieur, c'est-à-dire au Nord de l'isohyète 100 mm.

Pluviométrie antérieure et variation interannuelle (notion de cycle).

Faute de données sûres il est fort hasardeux de relater la variation de la pluviosité antérieurement à l'année 1934, date où les premières observations furent faites au poste de Fada. Cependant quelques vieux habitants ont gardé le souvenir d'années exceptionnellement pluvieuses et tous s'accordent à dire que du temps de leur grand-père — c'est-à-dire à la fin du XIX[e] siècle — il pleuvait plus que maintenant. Tous les récits font état à cette époque d'excellents pâturages au Mourdi, notamment le long de l'ouadi N'Kaola, ce qui n'est pas le cas maintenant. J'ai recueilli auprès du vieux KALEMBOU, interprète auprès des autorités militaires, quelques renseignements confirmés par tous les anciens. Le premier est qu'il pleut chaque année; il pleut peu ou il pleut beaucoup, mais il pleut (au moins 60 mm semble-t-il), sauf — et c'est là un événement que les goranes ne sont pas prêts d'oublier — en 1913. Le printemps 1914 fut catastrophique, la famine s'était installée, les bêtes crevaient par milliers. Le deuxième est qu'une année déficitaire est toujours suivie d'une année excédentaire, quelquefois de deux. Il n'y a pas eu jusqu'ici d'exception à cette règle. L'année est d'autant plus excédentaire que l'année précédente a été plus déficitaire. La plus forte pluviosité fut celle de l'année 1914 au cours de laquelle la pluie tomba sans arrêt pendant toute une nuit, depuis le coucher du soleil jusqu'au lendemain matin. Il a plu ensuite tous les jours pendant 7 jours consécutifs. Pareil événement est resté gravé dans toutes les mémoires, d'autant que l'année a concordé avec l'arrivée des Français. Auparavant l'année 1909 avait été très humide et marquée par une pluie qui dura également toute une nuit (de 16 heures au lendemain 4 heures).

Il serait instructif de voir si dans la périodicité des pluies, il n'est pas possible de mettre en évidence des oscillations de l'ordre de onze ou de onze années et demi, comme cela a pu être démontré ailleurs. Mais les renseignements contrôlés portent sur une trop courte période pour entrevoir une telle rythmicité. La situstion est la suivante. Il y aurait eu une pluviométrie forte à la fin du XIX[e] siècle puis une période de grande variation interannuelle entre 1907 et 1915 avec trois minima (1907, 1908 et 1913) et deux maxima (1909 et 1914), puis une période stable mais de pluviosité très moyenne de 1915 à 1945, les années 1936 et 1945 étant fortement excédentaires. La période récente voit de nouveau de grandes oscillations avec des minima (1960 et 1963) et des maxima (1961 et 1964) : ces deux années étant les années les plus pluvieuses, non pour le poste de Fada, mais pour l'ensemble du Massif. Il semble que l'on retrouve à peu près des conditions assez semblables à celles du début du siècle. D'ailleurs le Lac Tchad a de nouveau atteint (et même dépassé) le niveau défini par le Général TILHO en 1913, S'il y a une périodicité, elle eat de grande amplitude (de l'ordre d'une cinquantaine d'années).

Un fait demeure, il pleut chaque année, plus ou moins il est vrai, mais toujours suffisamment pour permettre aux pérennes de développer leurs feuilles et de fleurir, et aux annuelles à croissance rapide (*Aristida, Cenchrus,* etc.) d'accomplir leur cycle.

b. *Observations sur le Massif.*

Un simple coup d'œil sur la carte montre que Fada occupe une position excentrique par rspport au Massif et ne peut donc prétendre refléter fidèlement la pluviométrie réelle de l'Ennedi. Cette situation n'a pas échappé aux deux hydrologues de l'O.R.S.T.O.M., BRAQUAVAL et ROCHE, qui ont été amenés à placer dea pluviomètres totalisateurs en différents points. D'autre part l'examen de la végétation montre que des plantes à affinité Sud-sahélienne exigeant au moins 200 mm croissent parfaitement dans le centre Ennedi en plaine sablonneuse et sont absentes dans la région de Fada (*Aristida stipoides* Lam., *Indigofera astragalina* DC., *Cassia absus* L. notamment). C'est pourqoi j'ai suivi l'exemple dea hydrologuea en disposant également des pluviomètres totalisateurs : 5 en 1959, échelonnés vers l'Est, aur le parallèle de Fada (17° 10′) afin de mettre en évidence l'influence de l'altitude, et 4 en 1962, aux mêmes stations afin de pouvoir comparer d'une année à l'autre la variation de la pluviométrie à travers le Massif.

Le tableau ci-après concentre toutes les données obtenues à partir de pluviomètres disposés dans le Massif.

Source : MNHN, Paris

	Altitude	1957	1958	1959	1962
	m	mm	mm	mm	mm
Fada poste	541	62,4	134,4	140,2	114,9
Nohi Chilio	550	–	134	231,2	–
Kourien Doulien	615	66 env	87	106	–
Archeï	650	80 env	160 env	251	–
Sebé	680	107,1	–	195	–
Elikao	700	–	–	321	–
Tourba Sehi	710	50 env	–	275	–
Bachikélé	720	–	146,2	249	–
Angrettaha	765	–	223	168,3	134,4
Nordaemanna	863	60 env	–	152	–
Bourkouba	868	–	–	307	–
Aoué	950	–	157,6	275,5	139,9
Koubé Basso	1.025	70 env	140	–	–
Biti Kataedaekiélé	1.150	–	–	224,7	158
10 km Nord Ouadi Hawach	–	–	–	–	155
Oum Chalouba	–	–	–	165,5	171

Ce tableau appelle des commentaires qui sont différents, selon que l'on considère l'année 1957 déficitaire et les autres années.

Année déficitaire (1947).

Les masses d'air chargées d'une quantité suffisante d'humidité pour provoquer la pluie arrivent sur l'Ennedi par intermittence et se trouvent tout à fait à l'extrême fin de leur progression. L'influence de la latitude devient alors prépondérante.

Hauteur de pluie	Station	Latitude
mm		
10,6	Kordi-Djokobe.	17° 37′
62,4	Fada	17° 10′
66 env	Kourien Doulien	17° 07′
80	Archeï	16° 54′
107	Sebé	16° 38′

La pluviométrie décroît rapidement au niveau du parallèle 17° 30′. Le Massif fait barrage aux pluies et la dépression du Mourdi qui s'étend sur la face Nord ne reçoit plus que des éclaboussures de tornade qui se chiffrent par quelques millimètres de pluie.

Les années déficitaires interviennent comme facteur limitant de la végétation. Elles arrêtent certainement les soudanaises qui pourraient profiter d'une série d'années bien arrosées pour progresser vers le Nord. Les espèces à la limite de la survie dont il n'existait plus qu'un seul pied connu dans l'Ennedi (cf. *Cissus cymosa* Schum. et Thonn. à la Gorge Maya, *Alysicarpus vaginalis* (L.) DC. à Aoué) pourraient très bien avoir été éliminées par les deux dernières années sèches successives (cf. 1965-1966).

Année excédentaire.

L'année 1959 est particulièrement significative. Personne ne soupçonnait que des hauteurs de pluie supérieures à 300 mm pouvaient être enregistrées dans l'Ennedi. Et pourtant les faits sont là : 321 mm à Elikao et 307 mm à Bourkouba. Ces résultats constituent une révé-

Source : MNHN, Paris

lation. Ils expliquent pourquoi certaines plantes d'affinité Sud-sahélienne prospèrent dans l'Ennedi et s'y reproduisent. L'abondance de *Cordia Rothii* Roem. et Schult. dans certains secteurs, le développement pris dans la plaine d'Angrettaha par les pieds de *Rogeria adenophylla* J. Gay ex Delile qui atteignent 1 m 40 de hauteur, ne trouvent pas d'autre explication. Il est quand même surprenant de constater que la pluviométrie de certaines stations de l'Ennedi situées par 17° 10′ de latitude Nord est du même ordre de grandeur que celle des stations en plaine situées par 13° 40′ de latitude. Ainsi, à titre d'exemple signalons que la station d'Ifenat, située à 60 km au Nord d'Ati, a reçu 295 mm en 1957, 308,6 mm en 1958, 372,9 mm en 1959 et 173 mm en 1960. En considérant l'importance des précipitations, il n'y a rien d'étonnant à ce que la végétation de l'Ennedi présente un caractère tropical aussi accusé. Par sa pluviométrie l'Ennedi apparaît réellement certaines années comme une enclave Sud-sahélienne.

Les chiffres de 1959 appelent d'autres commentaires : d'une part tout se passe comme s'il existait un centre de plus haute pluviosité défini par les 2 stations voisines d'Elikao et Bourkouha. D'autre part, comme les stations de Fada, Nordaemanna, Angrettaha, Tourba Sehi, Bourkouba, Aoué et Biti Kataedaekiélé sont situées à peu près sur le même parallèle, on constate que si l'on se déplace d'Ouest en Est sur cette ligne, la hauteur des pluies va d'abord en augmentant, passe par un maximum situé à une vingtaine de kilomètres à l'Ouest d'Aoué (Bourkouba), puis diminue. Dans ces conditions il semble que l'on puisse définir un centre de formation de tornades au Sud-Est d'Aoué, lesquelles en se déplaçant vers l'Ouest iraient en grossissant, déverseraient leur contenu sur la région privilégiée indiquée, puis iraient en s'épuisant jusqu'à l'Ouest de Fada. Rien d'étonnant à ce que la gorge de Maya située juste au Sud d'Aoué soit le sanctuaire où se sont conservés autant d'éléments relictuels. La survivance de la Myrsinacée *Maesa Schweinfurthii* Mez. à Tenéba a été facilitée par ce phénomène.

Les mêmes phénomènes, mais plus atténués, se retrouvent en 1958, année moins excédentaire. La station d'Angrettaha située à l'Ouest d'Aoué a été la plus arrosée (223 mm contre 134,4 mm à Fada). Les données apportées par les pluviomètres sont parlantes. En année excédentaire, il pleut beaucoup plus dans certaines zones du Massif, situées à environ 60 km à l'Est Est-Sud de Fada, qu'à Fada, et il est possible de définir un pôle de pluviosité.

Année moyenne.

L'année 1962 peut être prise comme exemple d'année moyenne. Dans ce cas l'altitude joue un rôle prépondérant et la station la plus arrosée (Biti Kataedaekiélé) est en même temps la plus élevée (1 150 mètres). Le pôle pluviométrique s'est placé cette fois sur le plateau Biti qui s'identifie avec le plateau culminant de l'Ennedi. Comme il est logique de supposer, en raison du sens de déplacement des tornades, que le centre de leur formation est situé au Nord-Est de ce pôle, on en arrive à la conclusion qu'en année normale les masses d'air chargées d'humidité se concentrent sur la partie la plus élevée de l'Ennedi et viennent en contact avec les masses sèches d'origine continentale sur la lisière Nord-Est du Massif. Le rôle du Massif intervient puissamment en élevant les couches humides et en les mettant en contact à plus haute altitude avec les couches plus froides.

Un autre fait découle du simple examen de la végétation, à savoir qu'il pleut davantage sur le Massif qu'au Sud, en plaine. Encore fallait-il le démontrer. C'est pourquoi, j'ai disposé en 1962 un pluviomètre à 10 km au Nord du point où la piste Oum Chalouba-Fada traverse l'ouadi Hawach, soit à 58 km au Nord d'Oum Chalouba. Ce pluviomètre placé à 16° 16′ de latitude Nord a recueilli 155 mm contre 158 mm recueillis à Biti Kataedaekiélé par 17° 13′ de latitude.

Dans tous les cas, et chaque année, il est des stations dans l'Ennedi où il pleut davantage qu'à Fada. Ainsi l'étude de la pluviométrie basée sur les observations du poste de Fada ne peut être étendue à l'ensemble de l'Ennedi. C'est la principale raison pour laquelle l'Ennedi a été considéré par tous les auteurs comme plus désertique qu'il n'est en réalité.

c. *Place de l'Ennedi au Tchad.*

Si on se réfère au poste de Fada, on constate que la pluviométrie moyenne annuelle se place entre celle d'Arada situé plus au Sud à peu près sur le même méridien et celle de Largeau situé un peu plus au Nord, ce qui est tout à fait normal.

Source : MNHN, Paris

Stations	Pluviométrie moyenne	Période sur laquelle est établie la moyenne
	mm	
Abéché	475,5	1932–1961
Biltine	268	1951–1960
Arada	243	1952–1956
Fada	118	1950–1964
Largeau	26,7	1933–1961

3° Pluviométrie mensuelle (tableau p. 17)

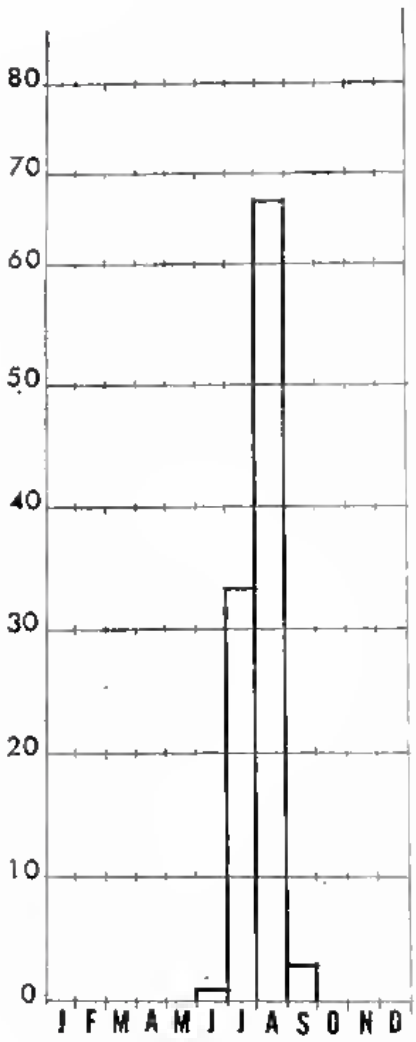


Fig. 2

Moyenne de la pluviométrie mensuelle à Fada, calculée sur la période 1955-1964 (chiffres exprimés en mm)

Les pluies sont concentrées sur une très courte période qui commence rarement avant le 15 juillet, mais finit presque toujours irrémédiablement dans les premiers jours de septembre.

Les annales météorologiques et les rapports des autorités militaires font état de pluies précoces surtout dans les premières années d'observation. Des pluies sont signalées en fin avril 1936, en mai 1934. Il y eut le 18 mai 1944 une tornade mémorable sur Fada (34 mm). Mais dans la période récente, seulement des gouttes sont enregistrées en mai (le 25 mai 1956, 10 mai 1957, 8 mai 1960, 10 mai 1962) très rarement en mars (17 et 30 mars 1962) et en avril (13 avril 1962).

Ces traces de pluie, non enregistrables au pluviomètre, n'ont pas d'action sur la végétation. Le mois de juin est très peu arrosé : en moyenne une simple ondée une année sur trois.

Les premières pluies sérieuses se produisent en juillet et en général dans la deuxième quinzaine de ce mois. Mais le mois d'août reste le plus arrosé et recueille en moyenne 66 % de la pluviométrie totale : 67,2 millimètres sur une moyenne de 104,9 millimètres pour la période 1955-1964. Il pleut quelquefois au début de septembre, mais le plus souvent sous forme d'ondées isolées et de faible portée géographique. La pluie extraordinaire du 29 septembre 1963 (16,3 mm à Fada) qui a intéressé tout le Nord Tchad a frappé tous les observateurs. C'est un cas unique de pluie aussi tardive.

4° Pluviométrie journalière

a. *Pluviométrie journalière de Fada.* (tableaux p. 18 et 19).

Les seuls éléments suivis sur un certain nombre d'années dont nous disposons sont les relevés de Fada. Ceux-ci sont consignés dans les deux tableaux suivants.

Source : MNHN, Paris

Pluviométrie mensuelle à Fada pour la période 1955-1964

(chiffres exprimés en mm)

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total
1955	–	–	–	–	–	–	46,3	27,8	17,6	–	–	–	91,7
1956	–	–	–	–	–	–	9,4	142,5	2,0	–	–	–	153,9
1957	–	–	–	–	–	2	35,4	25,0	–	–	–	–	62,4
1958	–	–	–	–	–	–	96,4	38,0	3,2	–	–	–	137,6
1959	–	–	–	–	–	3	3,1	135,0	3,7	–	–	–	144,8
1960	–	–	–	–	–	–	25,0	3,8	–	–	–	–	28,8
1961	–	–	–	–	–	–	16,8	111,8	–	–	–	–	128,6
1962	–	–	–	–	–	4	37,2	73,7	–	–	–	–	114,9
1963	–	–	–	–	–	–	15.0	34,8	16,3	–	–	–	66,1
1964	–	–	–	–	–	–	51,2	79,3	–	–	–	–	130,5
Moyennes pour la période considérée 1955-1964	–	–	–	–	–	0,9	33,6	67,2	3,3	–	–	–	104,9
Moyennes pour la période 1935-1949	–	–	–	0,6	3,0	0,2	13,8	44,2	9,9	–	–	–	71,7

7 564022 8.
2

Source . MNHN, Paris

Pluviométrie journalière de juillet au poste de Fada
(1956-1964)

	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
1	tr	–	–	–	–	–	–	tr	–
2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	–	–	–	–	–	–	–	–	tr
7	–	–	tr	–	–	–	–	–	–
8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
9	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11	–	–	–	–	–	–	–	–	tr
12	tr	–	–	–	–	–	–	–	–
13	tr	–	–	–	tr	–	–	–	–
14	–	–	5	–	tr	–	–	–	–
15	–	–	–	–	–	–	–	–	5,6
16	–	–	–	–	–	–	–	–	39,5
17	–	–	–	–	–	–	–	tr	–
18	–	–	–	–	–	–	–	–	6,1
19	–	–	–	–	–	–	–	tr	–
20	–	–	–	–	–	3,3	6,7 5,8	13,5	–
21	7	–	–	–	–	–	4 3	–	–
22	–	–	tr	–	–	–	–	–	–
23	–	tr	–	–	–	–	4	–	–
24	–	–	–	–	–	1,4	1,5	1,5	–
25	–	6,5	2	–	–	10,7	8	–	–
26	–	–	39,2	–	–	–	4,2	–	–
27	tr	28,9	–	–	–	–	–	–	–
28	2,4	–	–	–	25	–	tr	–	–
29	–	–	11	1,1	–	–	–	–	–
30	–	–	//	0,1	–	1,6	–	–	–
31	tr	–	39,2	1,9	–	–	–	–	–
Total	9,4	35,4	96,4	3,1	25	16,8	37,2	15	51,2

Source : MNHN, Paris

Pluviométrie journalière d'août au poste de Fada

(1955-1964)

	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
1	–	–	–	–	tr	–	–	–	3,4	–
2	–	–	–	6,5	–	–	–	–	–	–
3	–	–	–	–	1,1	–	–	–	–	–
4	–	16	–	–	–	–	–	–	–	1,1
5	–	17	–	21	3,1	–	4	–	–	–
6	–	–	tr	–	–	–	–	14,6	–	4,5
7	–	–	tr	–	–	–	5	14,6	–	–
8	–	–	2,8	–	–	–	6,5	1,5	–	tr
9	–	tr	7,6	–	1,9	–	–	2,4	–	1,9
10	–	–	–	–	33,7	–	–	–	–	tr
11	–	–	–	–	6	–	–	6	–	2
12	–	12	11,9	4,5	51,8	–	–	1,8	–	–
13	19,4	6	1,2	6	2,2	–	30	–	–	–
14	2,4	–	–	tr	3,7	–	–	–	–	–
15	–	tr	–	–	3	–	–	3,4	–	–
16	–	10	1,5	–	7,9	–	–	–	–	–
17	–	27	tr	–	13,9	3,8	–	–	tr	2,2
18	–	5,5	–	–	1,5	–	–	2,8	18	–
19	19	tr	–	–	–	–	–	–	–	–
20	–	23	–	–	3	–	1	4,2	2,3	–
21	–	tr	–	–	–	–	–	22,4	–	–
22	–	4	–	–	–	–	2	–	–	10,8
23	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
24	–	2	–	–	tr	–	–	–	–	–
25	–	–	–	–	1	–	30,2	–	–	28,8
26	–	–	–	–	–	–	7	–	–	–
27	–	tr	–	–	–	–	21,7	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	4,9	–	–	–
29	–	–	–	–	1,2	–	–	–	–	–
30	–	20	–	–	–	–	–	–	3,4	25
31	–	–	–	–	–	–	–	–	7,7	3
TOTAL	27,8	142,5	25,0	38,0	135,0	3,8	111,8	73,7	34,8	79,3

Les résultats montrent que les pluies obéissent à certaines lois générales qui seront dégagées, après l'examen de la pluviométrie journalière, des observations faites sur le Massif.

Source : MNHN, Paris

b. *Pluviométrie journalière sur le Massif.*

En 1958 et en 1959, grâce à la présence de deux hydrologues de l'O.R.S.T.O.M. dans l'Ennedi, des observations ont été faites simultanément en plusieurs stations, ce qui permet d'analyser plus finement la répartition des pluies à travers le Massif.

Année 1958.

Voici les principaux résultats intéressant la période du 24 juillet au 18 août :

	Fada	Aoué	Sebé	Bachikélé
24 juillet	–	–	5	1,9
25 —	2	8,7	4,5	24,6
26 —	39,2	20,4	–	37,9
27 —	–	20,1	–	20,1
28 —	–	0,2	13	2,2
29 —	11	18,7	–	–
30 —	–	1,3	28	7,1
31 —	39,2	18,8	25	12,4
1er août	–	–	–	–
2 —	6,5	14,2	–	19,0
3 —	–	–	–	–
4 —	–	2,2	–	–
5 —	21	–	–	–
6 —	–	6,3	–	–
7 —	–	–	–	–
8 —	–	–	–	–
9 —	–	–	–	–
10 —	–	–	–	–
11 —	–	–	–	6,4
12 —	4,5	–	–	4,5
13 —	6	–	–	–
14 —	tr	–	–	2,8
15 —	–	–	–	6,5
16 —	–	–	–	4,5
17 —	–	–	–	–
18 —	–	–	–	1,2

La station d'Aoué était tenue par M. M. Roche, celle de Sebé par les autorités militaires et celle de Bachikélé par M. C. Dounie.

Source : MNHN, Paris

Année 1959.

	Fada Poste militaire	Kossomaba H. Gillet	Bachikélé C. Dounie	Localités diverses H. Gillet
22 juillet	–	–	8,0	–
23 —	–	–	–	–
24 —	–	–	–	–
25 —	–	–	–	–
26 —	–	–	–	–
27 —	–	–	–	–
28 —	–	–	2,0	–
29 —	1,1	14,1	2,5	–
30 —	0,1	–	–	–
31 —	1,9	54,6	26,5	–
1er août	tr	–	–	–
2 —	–	5,2	28,5	–
3 —	1,1	2,9	14,1	–
4 —	–	–	22,0	–
5 —	3,1	7,5	3,5	–
6 —	–	–	22,0	–
7 —	–	–	–	1,8 Doué Nohi
8 —	–	–	5,5	–
9 —	1,9	–	7,5	–
10 —	33,7	–	2,0	11 Nohi Takadi
11 —	6	–	23,0	2,3 Kotea
12 —	51,8	–	13,0	27,6 Aloba
13 —	2,2	–	–	–
14 —	3,7	–	32,5	7,6 Aloba
15 —	3	–	0,5	18 Aloba
16 —	7,9	–	1,5	–
17 —	13,9	–	7,0	–
18 —	1,5	–	1,5	–
19 —	–	–	–	–
20 —	3	–	13,5	–
21 —	–	–	0,5	–
22 —	–	–	–	–
23 —	–	–	–	–
24 —	tr	–	2,0	–
25 —	1	–	10,0	17,3 Sini

5° Lois générales de la saison des pluies

Celles-ci ont été établies d'après des observations personnelles portant sur les cinq missions.

a. *Brutalité de l'installation de la saison des pluies.*

En général l'installation de la saison des pluies est précédée du passage d'un souffle d'air très légèrement humide, sans qu'il y ait pour autant changement du type de temps.

Le plus souvent quelques nuages apparaissent dans la matinée. Puis la tornade arrive. Les premières tornades correspondent au passage du front intertropical au-dessus du Massif. Ce passage est accompagné de phénomènes puissants de turbulence, les masses d'air humide et d'air continental se heurtant violemment.

La violence de la première tornade de l'année est un fait bien connu des habitants. Celle-ci porte un nom spécial : Wobori (en gorane). En voici quelques exemples concernant le poste de Fada :

28,9 millimètres le 27 juillet 1957
39,2 millimètres le 26 juillet 1958
25,0 millimètres le 28 juillet 1960
39,5 millimètres le 16 juillet 1964

Il y eut 54,6 millimètres le 31 juillet 1959 à Kossomaba et 47 millimètres le 22 août 1962 à Sania. Dans tous les cas ce furent les tornades les plus importantes de l'année. La coïncidence n'est pas due au hasard.

Cette arrivée brutale des pluies a des conséquences très heureuses sur le démarrage de la végétation. Le sol est humidifié sur une grande profondeur. Les graines sont d'emblée suffisamment imbibées pour germer.

h. *Brutalité de l'arrêt de la saison des pluies.*

Le plus souvent une tornade plus violente que les précédentes annonce la fin de la saison des pluies. Les nomades la reconnaissent parfaitement par l'ampleur des phénomènes surtout électriques. Elle est précédée d'un vent violent. Les éclairs se succèdent sans interruption. Le tonnerre roule en permanence. Cette tornade est un peu l'homologue de la première tornade. Elle arrive, disent les nomades, quand les arêtes plumeuses des *Aristida papposa* ondulent sous le vent. Elle correspond comme la première au passage du front tropical, mais cette fois-ci dans le sens contraire, quand il régresse vers le Sud.

Voici quelques exemples concernant le poste de Fada :

20 millimètres le 30 août 1956
21 millimètres le 27 août 1961
22,4 millimètres le 21 août 1962
25 millimètres le 30 août 1964

Les tornades que nous avons enregistrées le 25 août 1959 (O. Sini, de 17,3 mm) et le 29 août 1964 à 5 kilomètres au Nord d'Enibé (feuille d'Aga Dubé) correspondent à ce type.

La fin des pluies est d'autant plus subite que la saison des pluies a été excédentaire, surtout quand la pluie a été quotidienne sur l'Ennedi pendant le mois d'août. C'est le cas pour l'année 1959 : du jour au lendemain après la pluie du 25 août, le ciel est devenu définitivement serein; également pour 1962 où après la pluie du 25 août, le ciel s'est retrouvé dès le 27 août entièrement débarassé des nuages, et pour 1964 où après la pluie du 30 août, le soleil n'a cessé de briller, de son lever à son coucher.

c. *Allure de la saison des pluies.*

La saison des pluies n'est pas continue. Elle est le plus souvent entrecoupée de périodes de beau temps pendant lesquelles il ne pleut pas. Les masses d'air humide envahissent l'Ennedi puis se retirent. Il y a plusieurs avancées et reculs.

Cas d'une année fortement déficitaire.

Prenons comme exemple l'année 1957 où il y eut successivement :

— une période pluvieuse du 23 au 28 juillet;
— une période sèche du 29 juillet au 7 août;
— une deuxième période pluvieuse du 7 au 15 août;
— une deuxième période sèche du 16 au 22 août avec un orage isolé le 15 août;
— une troisième et dernière période pluvieuse du 23 au 28 août.

Les périodes pluvieuses sont courtes et les périodes sèches sont longues. Les plantes sont placées dans de mauvaises conditions de croissance. Une partie des plantules n'arrive pas à se développer.

Source : MNHN, Paris

Cas des années excédentaires et des années moyennes.

Si la saison des pluies est courte, elle est pratiquement continue. Ce fut le ess en 1959 où après le passage du front tropical sur l'Ennedi le 29 juillet il y plut chaque jour jusqu'au 25 août. La saison des pluies n'a duré que 28 jours.

Si la saison des pluies est longue, il y a des périodes de récession. Ce fut le cas en 1964 où l'on assiste successivement à :

— une première vague pluvieuse du 15 au 18 juillet suivie d'une courte période sèche du 19 au 22 juillet;
— une deuxième vague pluvieuse de deux jours 23 et 24 juillet suivie d'une deuxième période sèche du 25 au 31 juillet;
— une troisième vague pluvieuse du 1er au 13 août suivie d'une troisième période sèche de 3 jours (14, 15 et 16 août);
— une quatrième et dernière vague pluvieuse du 17 au 30 août.

En 1958 la saison des pluies présente les différentes phases classiques :

— 1re phase pluvieuse du 24 juillet au 6 août;
— 2e phase sèche de 4 jours du 7 au 10 août;
— 3e phase pluvieuse du 11 au 24 août.

Elle est simplement interrompue par une période sèche de quatre jours.

En 1962 la saison des pluies a une allure comparable :

— 1re phase pluvieuse du 20 au 27 juillet;
— 2e phase sèche du 28 juillet au 5 août;
— 3e phase pluvieuse du 6 au 25 août.

Le 27 juillet en fin d'après-midi une masse nuageuse de haute turbulence et fortement électrisée est passée au-dessus de l'Ennedi. Elle présentait tous les caractères d'une zone de friction entre deux masses d'air d'origine différente. En fait elle correspondait au retrait passager du front tropical, ce qui fut confirmé par le maintien d'une période sèche de 9 jours consécutifs.

Il n'y a donc pas de règle absolument générale et les affirmations des Africains qui prétendent qu'à chaque nouvelle lune les précipitations ont une plus grande fréquence sont démenties par les faits.

Un cas assez fréquent est l'interruption de la saison des pluies par une période sèche.

6° Localisation des tornades

La localisation des tornades est un fait évident pour un observateur placé dans l'Ennedi pendant la saison des pluies. S'il occupe une position culminante il lui arrive souvent d'assister à la formation simultanée à l'heure méridienne de plusieurs systèmes nuageux. Il verra ces systèmes se développer rapidement en hauteur par mouvement ascensionnel, rester quelques temps immobiles, puis déferler sur l'Ennedi en prenant une direction Ouest légèrement Sud. Chacun d'eux présente un front étroit, et semble posséder une vie autonome. De plus, dans son déplacement la tornade évoluera, elle grossira, puis, au bout d'un certain parcours s'atténuera et finira par se dissiper. On comprend alors facilement les variations considérables de la pluviosité qui peuvent se produire durant une même journée suivant les localités.

Orage isolé.

Dans ce cas la localisation est bien définie. Un cas précis a été signalé par Braquaval le 24 juillet 1957 à Nargao. Cet auteur précise que d'après les traces relevées sur le sol, l'extension Nord-Sud a été de 3 kilomètres et celle Est-Ouest de 5 kilomètres, pour une hauteur de pluie de 15 millimètres.

Un autre cas est celui observé personnellement le 5 août 1958 à Fada. Ce jour-là un orage isolé à éclaté sur le poste. Deux pluviomètres étaient en position. L'un, officiel, installé sur le toit de la case du Sergent radio, avait reçu 21 millimètres, l'autre, personnel, installé à la case d'agriculture à 100 mètres de distance avait reçu 11,5 millimètres. Les deux chiffres ont

Source : MNHN, Paris

été mesurés avec la même éprouvette et contrôlés. Ils sont exacts. Cette observation sûre confirme les impressions relatées par certains observateurs selon lesquelles, dans certains cas, les marques de la pluie sur le sol s'arrêtent brusquement sur quelques mètres de distance.

Distance parcourue par une tornade.

A Kossomaba au point de confluence de l'O. Maya et de l'O. Aoué, à exactement 40 kilomètres à l'Est de Fada, il est tombé le 31 juillet 1959 entre 11 b 20 et 12 heures 33,7 millimètres contre seulement 1,9 millimètre à Fada entre 12 et 13 heures. Comme il semble à peu près évident que les deux localités aient été intéressées par le même système, cette observation apporte la preuve de l'épuisement de la tornade au bout d'une quarantaine de kilomètres.

Ceci semble bien représenter le parcours de la tornade moyenne en Ennedi, car si l'on compare les hauteurs de pluies tombées le même jour sur deux localités séparées par une plus grande distance l'on s'aperçoit qu'il n'y a plus qu'une correspondance faible.

La distance entre Fada et Aoué est de 47 kilomètres à vol d'oiseau. Le 25 juillet 1958 Aoué recevait 6,3 millimètres entre 13 b 14 et 13 b 35, Fada ne recevait que 0,2 millimètre vers 14 b 30.

Le 26 juillet 1958 Aoué recevait 20,4 millimètres entre 12 b 41 et 14 b 27, Fada 39,2 millimètres entre 13 b 25 et 15 b 30. Il s'agissait alors d'une grosse tornade. Le 27 juillet 1958, Aoué recevait 20,1 millimètres et Fada 0.

7° Répartition des pluies a travers le Massif

L'arrivée des pluies dans le Massif de l'Ennedi varie suivant les années et également suivant les secteurs.

a. Dates d'arrivée des premières grandes pluies.

Elles sont données par le tablesu suivant :

Année	Date	Secteur de l'Ennedi intéressé
1957	nuit du 26 au 27 juillet	Ouest Ennedi
1958	26 juillet	Ouest Ennedi
1959	29 —	Région au sud d'Aoué
1960	28 —	Ouest Ennedi
1961	20 —	?
1962	20 —	Sud et ouest Ennedi (rég. de Sania et Fada)
1963	20 —	?
1964	16 —	Ouest Ennedi
1965	26 —	Sud Ennedi

Les premières pluies d'importance, celles qui déclanchent le démarrage massif de la végétation ont donc lieu chaque année à peu près à la même époque, entre le 16 et le 26 juillet.

La première grosse pluie est parfois précédée quelques jours avant d'une petite pluie, qui se manifeste presque toujours dans le Sud du pays. Ainsi en 1958 la région de Bir Berdoba a été le 14 juillet intéressée par une bonne tornade, et en 1959 Bachikélé a reçu 8 millimètres le 22 juillet.

b. *Évolution de la situation.*

Cependant au cours de la saison des pluies, une évolution se produit. La zone de formation des tornades, qui au début est axée sur le méridien 22° 10', s'étend à tout l'Ennedi et en plein mois d'août il ne semble plus y avoir d'axe privilégié. Au fur et à mesure que la saison des pluies avance, les pluies gagnent vers l'Est.

Source : MNHN, Paris

Ainsi en 1964 au niveau du parallèle 17°, les premières pluies importantes eurent lieu le 16 juillet sur le méridien 21° 35′, le 8 août sur le méridien 22° 35′ qui était arrosé pour la première fois, et le 19 août sur le méridien 23° 8′, région où il ne pleut pas tous les ans. Il en résulte que le cycle de la végétstion est plus tardif à l'Est qu'au Centre et à l'Ouest.

La situstion était particulièrement significative le 9 août 1964. De notre observatoire à la Mare de Kebeï (16° 50′ de latitude et 22° 38′ de longitude) nous avons assisté à la formation de cinq lignes de grains dont l'une a pris naissance juste au-dessus de nos têtes. A l'Est le ciel est resté dégagé. Les tornades ont toutes filé vers l'Ouest en augmentant de volume. Il est facile de déduire que la zone la plus arrosée a été, ce jour, la zone située à une distance de 10 à 20 kilomètres à l'Ouest légèrement Sud de la Mare de Kebeï. Fada trop éloigné n'a reçu que 1,9 millimètre.

c. *Bilan général.*

Il est très difficile d'avoir une idée exacte de la répartition des pluies à travers le Massif. Les deux seules années où un nombre suffisant de pluviomètres ont été placés pour permettre d'établir des isohyètes sont 1958 et 1959. Dans les deux cas elles permettent d'établir un centre de plus haute pluviosité au S.-S.E. d'Aoué ce qui est en parfait accord avec la stagnation générale pendant la première vague de pluie (fin juillet début août) du centre actif de formation des tornades sur le plateau Biti.

Cet état de fait a été corroboré par de nombreuses observations, comme celle du 29 juillet 1959 où de notre campement à Kossomaba il était facile de voir 3 axes rapprochés de lignes de grains dont le médian centré sur l'axe Koubé Basso, Aoué, Tourba, comme celle également du 3 août 1959 où pendant plus d'une heure une masse nuageuse a défilé sur ce même secteur d'Aoué Bourkouba.

D'après un certain nombre d'observations faites sur le vif, il semble acquis que le relief intervient dans la direction que prennent certaines tornades. Il est facile de constater en particulier qu'arrivées devant la plaine Sini, les lignes de grains évitent le centre de la plaine et suivent de préférence la ligne de relief à l'Est qui passe par Bachikélé (observations du 16 août 1959 et des 4 et 5 août 1964). C'est pourquoi un centre de pluviosité plus élevée semble correspondre à la barrière rocheuse qui va de Sebé à Bachikélé.

Sur le versant Nord, il est étonnant de constater que les trois ouadis O. Ouko, O. Archi, O. Birré, tous issus du Massif de Tourkou, subissent chaque année des crues importantes. Comme leurs bassins versants se réduisent à ce seul massif, l'on est obligé d'admettre que ce dernier subit chaque année des fortes pluies. Cette même région de Tourkou située au Nord-Nord-Est de la région d'Aoué, semble donc correspondre à la zone d'arrêt des masses d'air humide vers le Nord. Elle est de par sa position géographique une zone constante de friction.

Le caractère capricieux et anarchique des tornades, souvent décrit par les auteurs, résulte d'une première approximation et traduit notre ignorance devant la complexité du problème. Mes observations semblent mettre en évidence une loi de compensation selon laquelle les tornades, après avoir effectivement cheminé le long de certains axes privilégiés se dirigent au contraire dans une deuxième phase vers les zones les moins arrosées. Ainsi pendant notre séjour au bord de la Mare de Kebeï entre le 9 et le 12 août 1964, nous avons remarqué qu'après la tornade du 10 août qui a arrosé abondamment la région (23,5 mm), les tornades des jours suivants (11 et 12 août) bien que prenant naissance exactement dans la même zone au Nord-Est, contournaient la zone intéressée par la première tornade, tant et si bien qu'au bout de quelques jours l'ensemble du pays avait reçu à peu près la même quantité d'eau.

Quelques faits demeurent surprenants. Ainsi en septembre 1958 les deux mares voisines de Bodhoué et de Soboro distantes de 7 kilomètres et situées pourtant sur le même axe Ouest-Est revêtaient deux aspects extrêmement différents : celle de Bodboué était complètement sèche tandis que celle de Soboro était pleine d'eau. Mais en 1962, ô caprice de la nature, la situation était exactement l'inverse! Celle de Bodboué était recouverte de 0,50 mètre d'eau (23 août) tandis que celle de Soboro était presque à sec (29 août). Comme ces mares sont alimentées directement par endorhéisme, l'on est bien obligé d'admettre qu'il existe des variations globales très importantes de pluviosité sur quelques kilomètres.

L'irrégularité de la répartition des pluies apparaît plus spécialement en année déficitaire et sur le versant Nord de l'Ennedi. Les bandes de pluie sont alors nettement orientées Est-

Source : MNHN, Paris

Ouest et un observateur qui traverserait le Massif en septembre d'une telle année suivant un méridien rencontrerait successivement des zones de quelques kilomètres de largeur où la végétation est développée et des zones beaucoup plus larges où elle ne l'est pas.

En année normale un certaine homogénéisation du bilan des pluies se produit au cours de la saison des pluies.

8° L'intensité

La nature tropicale des tornades qui s'abattent sur l'Ennedi est frappante si l'on considère leur intensité moyenne. Braquaval considère comme précipitation tropicale standard une précipitation d'une durée de vingt à trente minutes avec des intensités de 10 millimètres en dix minutes (60 mm/h). Cette définition s'applique aux précipitations que nous avons observées.

A chaque saison des pluies il y a en effet au moins une tornade qui répond à cette définition.

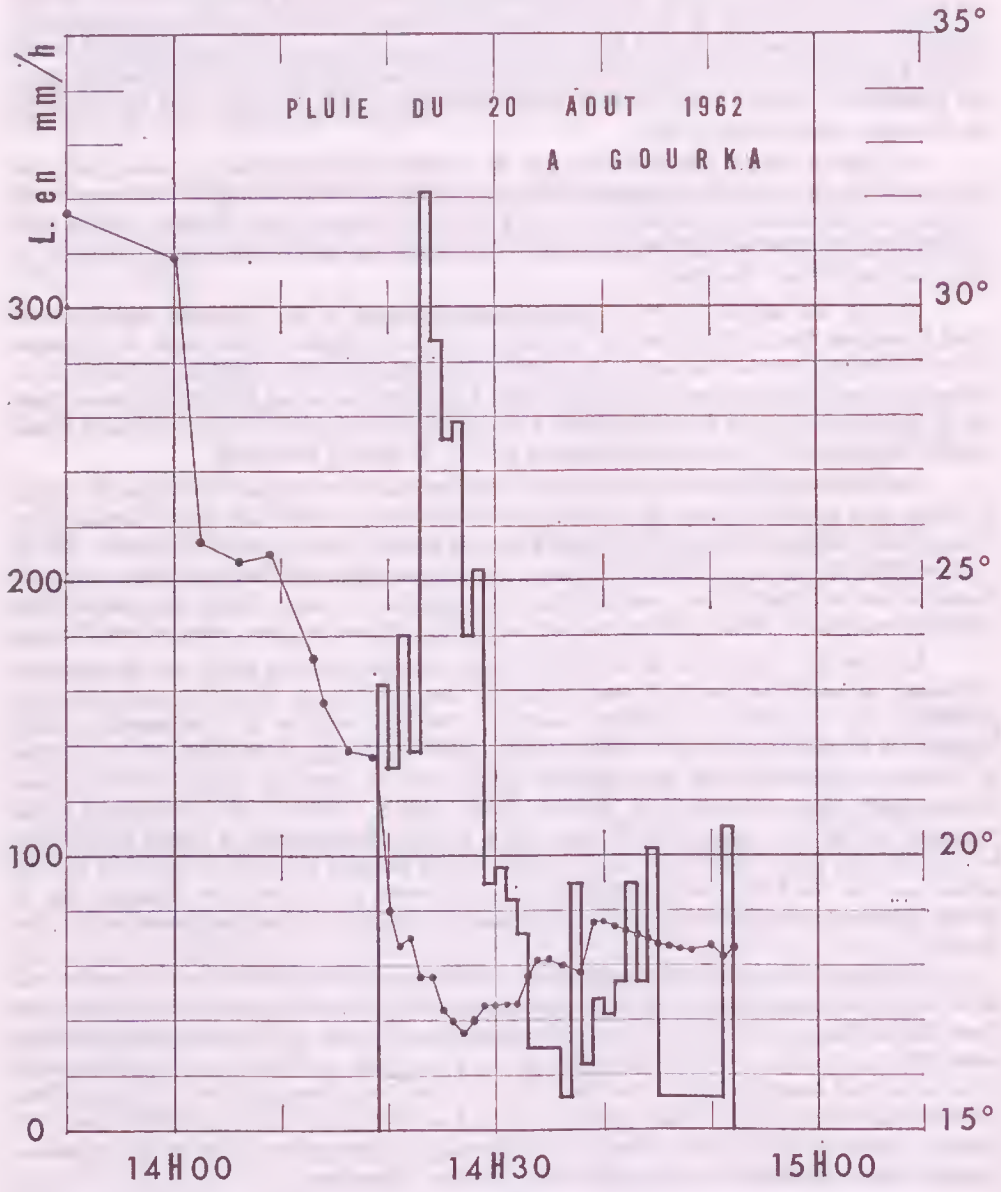


Fig. 3

En trait fin la courbe de la température, en trait plus épais la courbe de l'intensité

TABLEAU I

Date	Lieu	Début	Fin	Durée	Hauteur totale	Intensité moyenne	Intensité maximale
				mn	mm		
29 juillet 1959	Kossomaba	13 h 26	13 h 45	19	12,4	39,2 mm/h	126 mm/h pendant 1 mn.
31 juillet 1959	Kossomaba	11 h 20	11 h 59	39	33,7	51,9 mm/h	138 mm/h pendant 1 mn.
31 juillet 1959	Kossomaba	12 h 19	12 h 50	31	16,8	32,5 mm/h	84 mm/h pendant 1 mn.
3 août 1959	Kossomaba	13 h 15	13 h 56	41	2,9	faible	34 mm/h pendant 3 mn.
5 août 1959	Kossomaba	15 h 30	18 h	150	7,5	faible	36 mm/h pendant 1 mn.
12 août 1959	Aloba	13 h 08	13 h 34	26	21,7	50 mm/h	180 mm/h pendant 1 mn.
14 août 1959	Aloha	7 h	7 h 33	33	7,0	faible	84 mm/h pendant 1 mn.
15 août 1959	Aloha	6 h 45	7 h 57	72	8,0	faible	42 mm/h pendant 1 mn.
25 août 1959	Sini	13 h 35	13 h 53	18	17,3	57,7 mm/h	144 mm/h pendant 2 mn.
20 juillet 1962	Fada	11 h 20	11 h 35	15	13,3	53,8 mm/h	168 mm/h pend. 1 mn au déhut.
25 juillet 1962	20 km Est de Fada	12 h 54	13 h 04	10	6,5	39 mm/h	78 mm/h pendant 1 mn.
6 août 1962	Koubé Basso	14 h 28	16 h 10	102	6,5	faible	30 mm/h pendant 1 mn.
8 août 1962	Koubé Basso	13 h 19	13 h 51	32	8,8	faible	42 mm/h pendant 1 mn.
16 août 1962	Gourka	14 h 30	17 h 36	186	16,2	faible	18 mm/h pendant 1 mn.
20 août 1962	Gourka	14 h 17	14 h 53	36	53,9	90 mm/h	342 mm/h pendant 1 mn.
21 août 1962	Gourka	15 h 23	17 h	97	4,1	faible	6 mm/h pend. plusieurs mn.
1er août 1964	Aloha	17 h 40	19 h 10	100	7,9	faible	12 mm/h pendant 1 mn.
10 août 1964	Kehel	13 h 38	15 h 58	140	23,5	faible	78 mm/h pendant 1 mn.
12 août 1964	Kehel	16 h 38	18 h	82	8,9	faible	60 mm/h pendant 1 mn.
13 août 1964	O. Debi	13 h 49	14 h 29	40	5,2	faible	24 mm/h pendant 1 mn.
19 août 1964	Aff. O. Korrou	13 h 24	15 h	96	17,5	11 mm/h	150 mm/h pendant 1 mn.

Source . MNHN, Paris

Le tablean ci-contre donne les caractéristiques des précipitations principales que nous avons analysées au cours de nos trois dernières missions, les intensités ayant été mesurées minute par minute.

La tornade du 20 août 1962 est tout à fait exceptionnelle. Une précipitation de 53,9 millimètres en trente-six minutes est un véritable déluge. Une intensité de 342 mm/h. est très rarement atteinte en zone soudanaise. Cela peut expliquer la violence de certaines crues qui sont capables d'emporter les berges et de déraciner les plus gros arbres.

9° Nombre de jours de pluie

Le nombre de jours de pluie est évidemment variable selon les années.

Pour Fada la répartition se fait de la manière suivante :

	Juillet	Août	Septembre	Total
	jours	jours	jours	jours
1955	Pas de résultat	3	3	–
1956	2	11	1	14
1957	2	5	0	7
1958	5	4	1	10
1959	3	16	0	19
1960	1	1	0	2
1961	4	10	0	14
1962	6	10	0	16
1963	2	5	1	8
1964	3	9	0	12
Moyenne	3,1	7,4	0,6	11

Seuls les jours ayant reçu une pluie enregistrable au pluviomètre figurent dans ce tablesu, ce qui exclut les jours où n'ont été relevées que des traces de pluie.

En dehors de Fada nous disposons d'un autre résultat, celui de Bachikélé pour 1958 : 17 jours de pluie, chiffre nettement plus élevé que celui de Fada (10), ce qui est en accord avec la position plus méridionale de cette localité.

Il est évident que le nombre de jour où il pleut quelque part dans le Massif de l'Ennedi est plus élevé qu'à Fada, en raison du caractère local des pluies. L'on peut les estimer à :

1957 ..... 17 jours
1958 ..... 27 jours
1959 ..... 34 jours
1962 ..... 27 jours
1964 ..... 35 jours

Ces valeurs correspondent au nombre réel de jours pendant lesquels l'Ennedi est placé sous l'action des masses humides océaniques en provenance du Golfe de Guinée. Il donne une expression réelle de l'importance de la saison des pluies suivant les années. Dans ces conditions l'année 1964 vient à égalité avec l'année 1959, et l'année 1957 paraît vraiment déficitaire.

10° Classement des pluies selon leur importance

Il est commode de classer les pluies suivant cinq catégories :

— les traces, simples gouttes qui laissent des traces sur le sable, mais n'influencent pas la pluviométrie. Elles ne doivent pas être négligées car elles sont le signe de passage de nuages ou d'un temps couvert, ou d'une pluie à proximité;

Source : MNHN, Paris

— les pluies comprises entre 0 et 5 millimètres. Elles n'intéressent que la couche très superficielle du sol, mais sont capables de faire entrer un grand nombre de graines en activité. Ce sont plus des pluies d'entretien que des pluies actives;

— les pluies comprises entre 5 et 10 millimètres. Elles profitent essentiellement aux annuelles;

— les pluies comprises entre 10 et 20 millimètres. Elles correspondent aux bonnes tornades. Elles pénètrent largement dans le sol et agissent sur les Phanérophytes;

— les pluies supérieures à 20 millimètres. Elles imprègnent profondément la rhizosphère et viennent alimenter les réserves d'eau du sol : ce sont celles qui permettront à un certain nombre de pérennes de rester en végétation un certain temps après les pluies.

Le nombre de jours de traces de pluie varie d'une année à l'autre. Il est de :

11 pour	1956
14 pour	1957
2 pour	1958
3 pour	1959
6 pour	1962
5 pour	1964

Il est plus grand pour les années déficitaires.

Très révélateur est le nombre de tornades supérieures à 20 millimètres dans une saison. Les grosses pluies jouent en effet un rôle primordial, car une part importante de l'eau tombée est évacuée en dehors du Massif par les crues et va alimenter certaines zones d'épandage (Bagada, plaine d'Archeï, etc.). Là, quelques temps après, le sol se couvre de pâturages très appréciés et très recherchés. Ce sont ces tornades qui font les bonnes années. Pour Fada il y en eut :

3 en	1956
1 en	1957
3 en	1958
2 en	1959
1 en	1960
2 en	1961
0 en	1962
0 en	1963
2 en	1964

L'analyse minutieuse des pluies révèle que les tornades supérieures à 30 millimètres sont très rares et que dans la plupart des cas les indications pluviométriques de cette nature sont la conséquence de plusieurs pluies consécutives. Ainsi au cours de la journée du 12 août 1959 il y eut à Fada qustre précipitations :

5,8 millimètres entre 3 h 45 et 4 h 10
15,1 millimètres entre 13 h 40 et 14 h 15
27,5 millimètres entre 15 h 20 et 15 h 45
3,4 millimètres entre 16 h 00 et 18 h 00

totalisant 51,8 millimètres.

A Kossomaba le 31 juillet 1959 il y eut trois précipitations :

4,1 millimètres vers 3 h 30
33,7 millimètres entre 11 h 20 et 11 h 55
16,8 millimètres entre 12 h 17 et 12 h 50

soit un total de 54,6 millimètres pour la journée.

Ces résultata nous conduisent à admettre que très vraisemblablement les précipitations, annoncées dans les annales, de plus de 40 millimètres sont la résultante de 2 ou 3 précipitations.

La tornade de 57,7 millimètres, accompagnée de grêle, que j'ai subie le 20 août 1962 est un fait rarissime qui ne doit survenir que quelques fois par siècle.

Source : MNHN, Paris

III. THERMOMÉTRIE

1° Caractères généraux

Le Massif de l'Ennedi se trouve dans l'Hémisphère Nord, en zone tropicale à 6° de latitude au Sud du Tropique du Cancer. Ces faits commandent la thermométrie. Trois facteurs interviennent : le déplacement du soleil, les précipitations estivales et les froids hivernaux. Les températures maximales croissent vers un maximum qui théoriquement devrait se situer en août, mais l'influence des pluies abaisse à cette époque les températures de quelques degrés, si bien que le maximum se produit en juin.

Les valeurs de la température varient dans des limites toujours compatibles avec le développement de la végétation.

2° Minimums

a. *Moyenne.*

La moyenne des minimums de température s'élève de janvier à juin, marque un léger fléchissement en été coïncidant avec les pluies, puis baisse avec l'approche de l'hiver.

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1956 (1).....	17,2	21,4	24,6	20,7	20,4	21,2	–	–	20,2	20,1	20,1	14,5
1957.....	13,1	14,7	19,2	22,5	26,5	26,7	26,0	25,7	26,3	23,5	22,3	16,6
1958.....	16,0	15,2	20,1	24,6	25,4	27,0	–	–	–	24,9	16,7	15,9
1959.....	13,6	12,9	20,1	23,9	25,5	26,5	–	–	–	22,7	18,8	13,5
1960.....	13,8	15,1	20,3	28,2	27,9	27,8	–	–	–	–	18,9	17,4
1961.....	14,7	13,2	17,8	23,5	24,4	25,5	25,0	24,1	23,7	21,9	16,2	11,6
1962.....	12,2	13,5	22,3	23,7	24,5	26,5	24,4	24,9	22,1	22,6	20,2	15,3
1963.....	14,0	15,8	17,6	22,3	25,0	24,2	–	–	–	25,6	18,5	14,5
1964.....	12,9	14,7	21,0	24,6	27,7	27,9	–	–	24,4	–	–	–
Moyenne calculée sur la période 1957-1964, sauf pour pour les six derniers mois...	13,8	14,4	19,8	24,1	25,9	26,5	25,1	24,9	24,1	23,5	18,8	14,9

(1) Les résultats de l'année 1956 nous paraissent suspects.
Les tirets signifient que nous ne possèdons pas de mesure pour les mois correspondant.

Elle subit une hausse très sensible de l'ordre de 5° par mois de février à mars et de mars à avril, passe par un maximum en juin et diminue rapidement d'octobre à novembre et de novembre à décembre.

b. *Valeurs minimales* (« *minima minimorum* ») *pour Fada :*

Hiver 1955-1956 : 11,0 le 24 décembre et 12,0 le 25 décembre
Hiver 1956-1957 : 9,4 le 16 décembre et 6,3 le 13 janvier
Hiver 1957-1958 : 10,9 le 16 février
Hiver 1958-1959 : 6,0 le 25 janvier et 6,5 le 23 février
Hiver 1959-1960 : 6,5 le 29 décembre et 6,0 le 2 janvier
Hiver 1960-1961 : 7,0 le 30 janvier
Hiver 1961-1962 : 8,0 les 26 et 29 décembre
Hiver 1962-1963 : chaud 13 à 14° comme valeurs minimales.

Il ne semble pas qu'il y ait de corrélations valables entre les variations interannuelles des moyennes des minimums de la saison sèche et l'importance de la saison des pluies qui va suivre.

Source : MNHN, Paris

Les plus basses températures observées à Fada sont de l'ordre de 6°. Elles n'ont pas lieu avant la fin décembre.

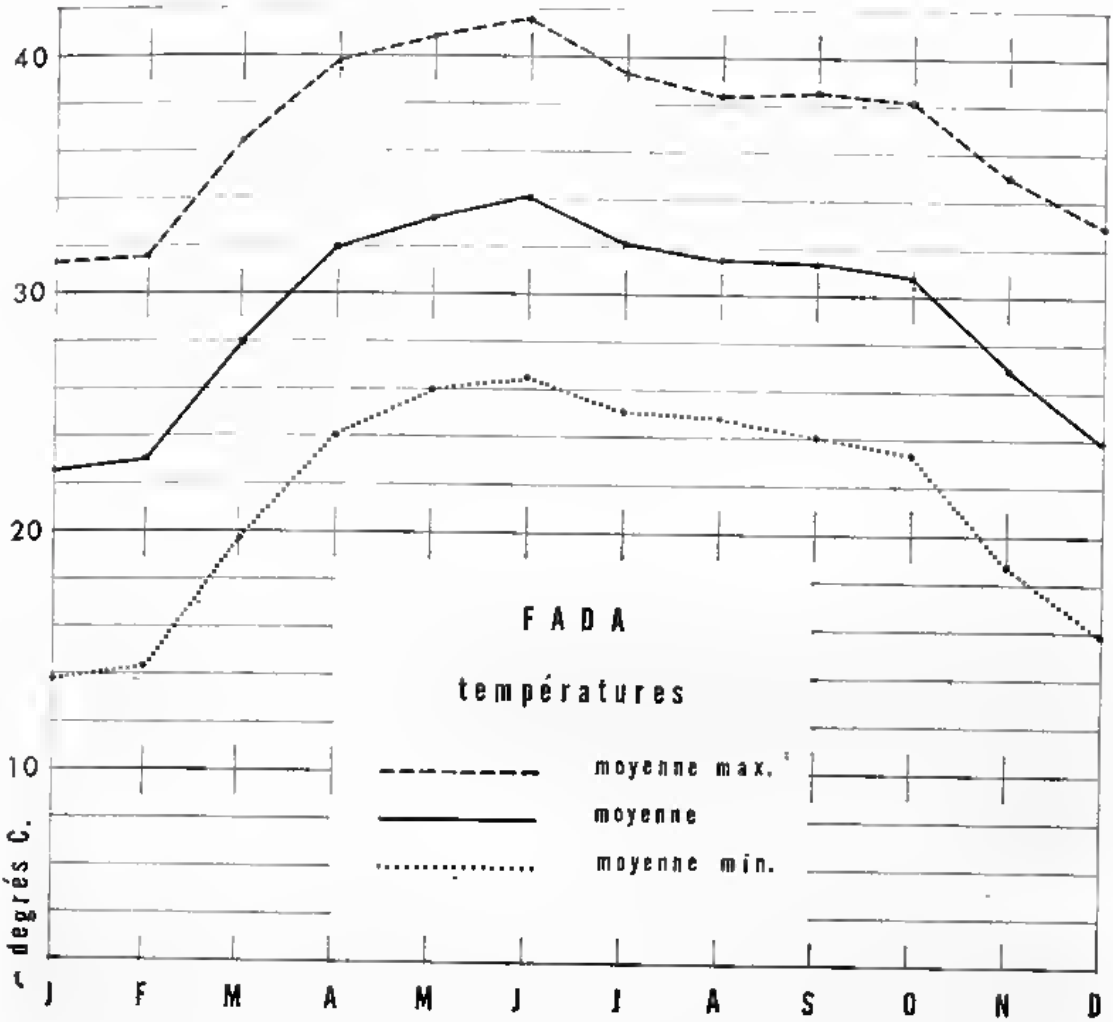


FIG. 4

Moyennes établies à Fada sur la période 1957-1964, sauf pour les mois de juillet, août et septembre

c. *Gel.*

Le gel a une grande importance sur la végétation. Il joue le rôle de facteur limitant pour la répartition d'un certain nombre de plantes, en particulier pour les plantes tropicales qui supportent très difficilement les températures négatives.

Aucune température négative n'a été enregistrée officiellement dans l'Ennedi et les gelées sont inconnues à Fada et en plaine. Mais au Nord de l'Ennedi dans la dépression du Mourdi des températures comprises entre 0 et + 1° ont été enregistrées à différentes reprises par les militaires aux alentours du 1er janvier. En janvier 1957 le capitaine LAFONT, tenant un bloc de glace dans ses mains, a été photographié dans le Nord-Est de l'Ennedi à Gourgouro. De nombreux témoins ont assisté à la scène. La limite du gel en plaine passe au Nord de l'Ennedi et descend vers le Sud à l'Est jusqu'au 17e parallèle.

d. *Influence de l'altitude.*

Celle-ci est très marquée, particulièrement au-dessus de la cote 1 000 mètres. Par des mesures répétées, faites au cours de mes missions, il a été prouvé qu'il existait une différence d'au moins 6° entre les minimums au-dessus de 1 000 mètres et les minimums de Fada situé à 545 mètres.

Source : MNHN, Paris

Exemple :

Date	Lieu	Altitude	Minimum enregistré	Minimum Fada	Différence
		m			
31 juillet 1962	Biti Menalla	1.095	18,8	26	7,2
1er août 1962	Val Basso	998	16,4	26	9,6
2 août 1962	Val Basso	998	19,1	25	5,9
17 août 1962	Gourka	1.120	19,5	25	5,5
3 septembre 1962	Mare Togosso	1.120	17,5	23	5,5
10 août 1964	Kehei	935	20,0	24	4
11 août 1964	Kehei	935	19,5	24	4,5
12 août 1964	Kehei	935	20,5	25	4,5
14 août 1964	Déli	964	17,8	25	7,2
15 août 1964	Kriss Kehei	965	19,0	25	6,0
17 août 1964	Tehédé	969	19,0	27	8,0
18 août 1964	Korrou	965	19,2	26	6,8
28 août 1964	Mornou	1.055	17,2	25	7,8
23 septembre 1964	Koboué II	981	17,2	20	2,8
24 septembre 1964	Koboué I	959	18,8	24	5,2
25 septembre 1964	Djorma	1.042	19,6	25	5,4

L'influence de l'altitude sur les minimums est considérable. Elle est encore plus importante les jours de pluie par suite de l'évaporation des surfaces mouillées. On comprend dès lors que sur les hauts lieux de l'Ennedi règnent des conditions favorables à une flore d'altitude. N'oublions pas que la phase active de croissance des végétaux coïncide avec les températures les plus fraîches.

e. *Minimums écologiques.*

La topographie locale joue un rôle important. Les échanges calorifiques étant beaucoup plus rapides entre le sable et l'air qu'entre la roche et l'air, les fonds des ouadis sablonneux enregistreront des températures plus basses que leurs berges. De plus l'air froid a tendance à se plaquer dans les ouadis encaissés.

Ainsi le 30 octobre 1958 une température de 9,8° a été mesurée à Dougouro Tolli, l'O. Dougouro présentant à cet endroit un lit sableux encaissé.

Le 15 juillet 1962 le minimum sur le sable d'un affluent de l'O. Angrettaha était de 18,8° tandis qu'il était de 23,1° à un mètre de hauteur.

Le 19 juillet 1962 à Bir Tourba le minimum était de 17,0° sur la surface du sable et de 22,8° sur la surface d'un rocher.

Trois mesures faites le 1er octobre 1959 à l'O. Kouro montrent combien à cette époque l'air froid s'accumule dans le fond des ouadis : le minimum était de 12,6° sur le sable, de 14,4° à 0,50 mètre de hauteur et de 16,3° à 1 mètre de hauteur.

Les conditions locales varient à l'infini. C'est pourquoi nous limiterons à ceux qui précèdent les exemples cités.

f. *Influence du rayonnement nocturne.*

Cette influence joue principalement après les pluies au début du mois de septembre sitôt que l'air débarrassé des nébulosités est soumis au rayonnement nocturne. D'un seul coup on assiste à un affaissement des minimums. Cette action est renforcée dans les bas-fonds à végétation fournie par l'accumulation de l'air froid et par l'évaporation.

Ainsi le 2 septembre 1958 dans la dépression de Nohi Mahamé le minimum a été de 16,0°, contre 22,2° le 30 août à Nohi Oberri.

Nous verrons que cet abaissement de température est en relation avec la rosée.

Source : MNHN, Paris

g. *Minimum lié aux précipitations.*

C'est là un phénomène que nous avons mis en évidence surtout pendant les années pluvieuses. Il arrive souvent, alors, que le minimum de la température ne soit pas relevé une heure ou deux heures avant le lever du soleil, mais précisément au plus fort de la pluie. De nocturne le minimum devient diurne et coïncide avec l'intensité maximale de la pluie.

Le plus bel exemple est celui de la plus grosse tornade enregistrée, celle du 20 août 1962 où pendant quatre minutes la grêle est tombée. La température est descendue alors à 16,8° à 14 h 27 alors que le minimum nocturne était de 19,4°.

Ce phénomène se produit presque toujours à la première tornade, si celle-ci est d'importance. Ainsi à Kossomaba le 31 juillet 1959 le thermomètre est descendu à 20,4° à 11 h 46 alors que le minimum nocturne était de 22,5°.

Le 10 août 1964 à Keheï le minimum nocturne était de 20,0° et pendant la tornade de l'après-midi, la température est descendue à 19,7° à 14 h 30 et a oscillé plusieurs fois entre 19,8° et 20,0°.

Le 19 août 1964 au bord de l'O. Bayrkou le minimum nocturne était de 22,0° et pendant la tornade le thermomètre est descendu à 18,0° à 13 h 33, et est resté pendant six minutes en-dessous de 19°.

Naturellement l'influence de l'altitude vient encore diminuer les valeurs absolues du minimum de température au cœur de la tornade.

3° Maximums

a. *Moyenne* :

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1957	29,4	30,1	34,0	38,0	40,8	40,9	39,3	38,4	40,0	39,2	36,8	34,1
1958	32,7	32,2	36,1	40,9	40,7	40,9	(1)	–	–	39,3	36,6	34,9
1959	31,1	29,5	35,1	39,4	40,0	41,8	–	–	–	36,2	31,0	31,4
1960	30,4	31,8	36,3	41,7	41,2	41,9	–	–	–	–	35,0	34,2
1961	31,1	27,5	32,5	37,8	39,7	41,1	–	–	36,7	35,8	31,5	29,0
1962	28,2	31,2	37,1	37,5	39,2	40,1	–	–	39,3	39,5	37,7	34,3
1963	33,5	36,8	36,2	40,3	42,3	43,2	–	–	–	39,4	34,5	33,4
1964	33,1	33,5	41,7	42,6	42,7	43,8	–	–	39,7	–	–	–
Moyenne	31,2	31,6	36,1	39,8	40,8	41,7	–	–	38,7	38,2	35,1	33,0

(1) Nous n'avons pu obtenir des chiffres contrôlés pour ces valeurs.

La moyenne des températures maximales obéit à la loi générale. Elle varie au cours de l'année : passant par un maximum en juin, elle subit un fléchissement pendant l'été en raison des pluies, remonte légèrement en septembre (au moins dans la première quinzaine), puis s'abaisse en hiver.

Elle subit une hausse brutale de février à mars, en comparaison beaucoup plus sensible que la baisse correspondante à l'approche de l'hiver. Les températures maximales montent plus vite au printemps qu'elles ne s'abaissent à la fin de l'automne.

Autre règle : l'amplitude des températures maximales est plus faible au cours de l'année que celle des températures minimales, 10,5° contre 12,7°.

Aucune corrélation ne peut être établie entre la valeur des moyennes des maximums et l'importance de la saison des pluies qui va suivre. En 1964, les maximums ont été très élevés de mars à juin et la pluviosité à été forte (130,5 mm). Par contre en 1960 avec des maximums presque aussi élevés la pluviosité a été très faible (28,8 mm).

Il semble toutefois qu'il y ait une certaine relation entre une saison à pluviosité élevée et des températures maximales peu élevées pendant l'hiver qui suit (1959 et 1961).

Source : MNHN, Paris

b. Valeurs maximales.

Elles se placent en juin, 45,5° le 7 juin 1956. Les températures de 50° signalées correspondent à des températures écologiques, et non à des maximums relevés dans des conditions réglementaires.

c. *Influence de l'altitude.*

Comme pour les minimums l'altitude agit, mais d'une façon un peu moins sensible.

Exemple :

Date	Lieu	Altitude	Maximum enregistré	Maximum Fada	Différence
		m			
9 octobre 1959	Aoué	950	33,1	36,0	2,9
10 octobre 1959	Aoué	950	33,1	36,0	2,9
30 juillet 1962	Biti Menalla	1.095	35,5	41	5,5
31 juillet 1962	Biti Menalla	1.095	34,5	41	6,5
1er août 1962	Val Basso	998	35,6	42	6,4
3 août 1962	Koroni Basso	1.023	35,1	41	5,9
16 août 1962	Gourka	1.127	32,8	35	2,2
2 septembre 1962	Togosso	1.120	35	38	3,0
28 août 1964	Mornou	1.055	31,7	36	4,3

L'influence de l'altitude est beaucoup plus marquée en l'absence de nébulosité, quand l'atmosphère est peu chargée en vapeur d'eau. Le fait que les hauts plateaux de l'Ennedi jouissent d'un climat plus agréable avec le retour des chaleurs après la saison des pluies est un fait bien connu des habitants et explique pourquoi le plateau Biti est relativement fréquenté à cette époque.

d. *Maximums écologiques.*

L'action prolongée de l'insolation sur le sable ou sur les rochers provoque un échauffement du substratum, qui par rayonnement élève la température de l'air au voisinage. L'appareil végétatif des plantes basses est ainsi soumis au milieu de la journée à de hautes températures.

Il n'est pas commode de mesurer la température du sable en surface car, en y plaçant un thermomètre, on mesure la température du réservoir de l'appareil, ce qui est bien différent de la température réelle du sable. Il est possible d'éviter cet inconvénient en recouvrant le réservoir d'une couche de sable de 2 mm d'épaisseur. La température mesurée de cette façon était de 59,7° à 12 heures le 27 juillet 1959 à L'O. Tourba. Marcher pieds nus sur un pareil support surchauffé est une rude épreuve.

4° Moyenne

Elle est donnée par $\frac{M + m}{2}$.

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1957	21,25	22,4	26,6	30,25	33,65	33,8	32,65	32,05	33,15	31,35	29,55	25,35
1958	24,35	23,7	28,1	32,75	33,05	33,95	(1)	–	–	32,1	26,65	25,4
1959	22,35	21,2	27,6	31,65	32,75	34,15	–	–	–	29,45	26,4	22,45
1960	22,1	23,45	28,3	34,95	34,55	34,85	–	–	–	–	26,95	25,8
1961	22,9	20,35	25,15	30,65	32,05	33,3	–	–	30,2	28,85	23,85	20,3
1962	20,2	22,35	29,7	30,6	34,85	33,3	–	–	30,7	31,05	28,95	24,8
1963	23,75	26,3	26,9	31,3	33,65	33,7	–	–	–	32,5	26,5	23,95
1964	23	22,1	31,35	33,6	35,2	35,85	–	–	32,05	–	–	–

(1) Même remarque que page 33.

Source : MNHN, Paris

Les variations au cours de l'année de la température moyenne mensuelle sont parallèles à celles des minimums. Les deux mois les plus frais sont décembre et janvier, ce dernier l'étant en général le plus. La température monte rapidement à partir de mars, passe par un premier maximum en juin puis par un deuxième, mais moins accentué, en septembre et décroît assez régulièrement jusqu'en décembre. La deuxième quinzaine de juillet et surtout le mois d'août sont rafraîchis par les pluies.

5° Variations journalières de la température

La variation obéit aux règles générales. En dehors des jours de pluie et de grand vent, la température passe par un miminum entre 3 et 4 heures du matin, monte rapidement avec l'ascension du soleil, passe par un maximum dans la deuxième heure qui suit le passage du soleil au méridien, décroît d'abord faiblement, puis plus rapidement après son coucher.

Nous possédons de nombreuses mesures de cette variation, suivant les différents types de temps. Voici divers exemples :

— journée du 15 août 1958 au confluent de l'O. Ely et de l'O. Arroué :

La matinée est belle et ensoleillée. Les premiers nuages apparaissent vers 15 heures. Vers 17 heures le ciel se couvre progressivement par l'Est. A 18 h 11 quelques gouttes tombent, mais la tornade passe plus au Nord :

6 h 30	24°	13 h	31,3°
8 h 30	24,4°	13 h 30	31,8°
11 h 30	30,0°	19 h 30	26,0°
12 h	30,0°		

— journée du 30 août 1958 à Nohi Oberri :

La journée est ensoleillée et il n'y a pas un nuage au ciel :

5 h 30	22,2°	13 h	39,0°
6 h	22,6°	14 h	39,0°
7 h 30	28,0°	15 h	38,0°
8 h	29,0°	17 h	35,8°
10 h	34,0°	17 h 30	35,5°
11 h	36,0°	18 h 30	35,2°
12 h	37,0°		

— journée du 29 juillet 1959 à Kossomaba.

C'est une journée typique de saison des pluies. Le soleil n'apparaît pas, plusieurs lignes de grains se forment dès 12 h 30. Une pluie de 12,4 millimètres tombe entre 13 heures et 14 heures sur la station d'observation qui se trouve toute l'après-midi dans la zone d'influence d'une puissante tornade qui se développe sur le Sud Ennedi.

6 h	26,5°	13 h 40	22,4°
10 h 30	33,6°	13 h 50	22,4°
12 h	36,5°	14 h 10	26,0°
13 h	37,0°	15 h	27,0°
13 h 25	34,4°	17 h 50	26,3°
13 h 30	24,8°	19 h 30	26,0°

L'influence de la pluie est ici manifeste. Elle a fait chuter la température de 15,0°.

— journée du 8 août 1962 à Koubé Basso :

Le ciel reste couvert en permanence. L'Ennedi est envahi par des masses d'air humide en provenance du Sud-Ouest. Deux pluies surviennent sur la station, l'une entre 13 h 19 et 13 h 51 (8,85 mm) et la deuxième entre 15 h 30 et 16 h 55 (1,8 mm).

5 h 45	21,9°	13 h 54	18,3°
9 h 20	26,0°	14 h 30	19,9°
11 h	27,6°	15 h 30	19,5°
12 h 10	28,0°	16 h	19,5°
12 h 45	28,8°	16 h 50	21,2°
13 h 18	23,7°	19 h	21,6°
13 h 39	17,5°		

Source : MNHN, Paris

TABLEAU II

Humidité relative U %. — Valeurs moyennes

Année		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept-	Octobre	Nov.	Déc.
1961		–	–	–	–	–	29,4	–	–	35,1	34	42,6	39,7
1962		37	32,8	26	20,4	22,1	31,7	–	–	38,7	39	46,2	39,5
1963		39,7	28,9	31,1	27,9	29,1	26	–	–	–	34,0	31,1	41,1
1964		35,6	27,7	26,5	21,5	21,3	28	46,2	75,1	53,6	–	–	–
Moyenne		37,7	29,8	27,8	23,6	24,1	28,7	46,2	75,1	42,4	35,6	39,9	40,1
12 h – Un	1961	–	–	–	–	–	14,8	–	–	30	22,6	28,9	19,9
	1962	18,7	13,4	12,6	12,6	15,1	22,8	–	–	25,1	27,4	29,1	25,6
	1963	19,5	12,4	21	16,4	16,1	20,4	–	–	–	28	28	33,5
	1964	30,3	19,4	22,8	15,1	15,5	21,4	31,8	50,6	38,1	–	–	–
	Moyenne	22,8	15,0	18,8	14,7	15,5	19,8	31,8	50,6	31,0	26,0	28,6	26,3
18 h – U	1961	–	–	–	–	–	21,4	–	–	30,5	25,4	36,5	26,8
	1962	27	19,5	18,5	13,8	18,9	24,7	–	–	33	34,8	35,6	32,9
	1963	27,4	18,7	26,1	22,5	23,2	21,4	–	–	–	28,7	27,5	36
	1964	48,6	24,9	20	15,3	17,7	18,8	34,0	62,9	42	–	–	–
	Moyenne	34,3	21,0	21,5	17,2	18,9	21,5	34,0	62,9	35,1	29,6	33,2	31,9

Source : MNHN, Paris

— journée du 22 septembre 1962, Gorge Maya :

Le soleil brille toute la journée dans un ciel sans nuage, mais les mesures sont faites dans une station située au fond d'une gorge peu ventilée.

5 h 15.....	23,9°	14 h.....	35,2°
8 h.....	26,9°	15 h 20.....	35,0°
9 h.....	33,4°	16 h 10.....	34,4°
10 h.....	34,3°	17 h.....	33,4°
11 h.....	35,0°	18 h.....	30,8°
12 h.....	35,2°		

6° Action de la nébulosité

Dans l'Ennedi, comme dans tous les pays tropicaux, il suffit qu'un simple nuage, comme un cumulus blanc, intercepte les rayons du soleil, pour que le thermomètre accuse une légère baisse.

Certaines journée d'août, quand le soleil reste constamment dissimulé par une couverture nuageuse épaisse, sont très agréables; l'Européen n'est pas suffoqué par la chaleur. Cette situation est assez fréquente lorsque l'Ennedi est brusquement envahi par les masses d'air océanique. Tel est le cas par exemple le 7 août 1962 où à la station de Koubé Basso nous avons enregistré une température de 24,8° à 13 heures, le maximum ayant été de 31,4° à 11 h 15.

Le jour suivant (8 août) est encore plus significatif à cet égard : la température ne dépasse pas 28,8° (à 12 h 45), et s'abaisse même à 17,5° à la faveur d'une pluie de 8,85 millimètres à 13 h 39. Ce fut une journée délicieuse, inattendue à pareille époque à une telle latitude (17° 17').

Ce temps frais se produit quelques jours par an à chaque fois que le souffle puissant du Golfe de Guinée arrive sur l'Ennedi. En 1964 ce type de temps se fait sentir du 9 au 11 août. Le 9 août par exemple, la mare de Kehel est environnée de tornades et balayée par le vent frais et humide en provenance directe des zones arrosées. A 12 h 10 une température de 26,1° est mesurée, le lendemain le maximum est de 27,8° à 12 h 50, et tout l'après-midi le thermomètre, à la faveur d'une petite pluie de longue durée reste bloqué à l'incroyable température de 20°, cas sans précédent pour un aussi grand laps de temps. Le 11 août, et pour le troisième jour consécutif, le thermomètre ne dépasse pas la température de 27,5°, et le 12 août il plafonne à 28,5°, mais redescend à 22,8° à 14 heures et dès 16 heures oscille entre 20 et 21°.

De telles conditions de température et d'humidité sont extrêmement propices pour le développement de la végétation.

IV. PSYCHROMÉTRIE

Le degré hygrométrique de l'air est l'un des éléments qui agit le plus dans les pays sahéliens sur la croissance des plantes. La végétation de l'Ennedi ne prend son essor que si l'air est suffisamment humide. Du pourcentage d'humidité dans l'air au-dessus d'un minimum dépend chaque année l'exubérance de la végétation. C'est pourquoi au cours de mes campagnes, régulièrement j'ai mesuré, trois fois par jour, l'humidité relative (1).

1° Variations mensuelles

Nous ne disposons que de peu de données personnelles sur le sujet, mes observations ayant été faites seulement pendant la saison des pluies.

D'après les mesures faites au poste de Fada, nous voyons que l'humidité relative maximum Ux (à 6 h du matin) passe par un maximum en août correspondant à la saison des pluies, décroît rapidement avec le retour des vents secs de l'Est, repasse par un maximum

(1) L'appareil utilisé est un psychromètre à aspiration, muni d'un petit moteur à ressort.

Source : MNHN, Paris

secondaire en décembre-janvier, s'expliquant par les faibles températures nocturnes à cette époque, puis décroît jusqu'à un minimum en avril-mai pour croître à nouveau.

L'humidité relative minimum Un prise à 12 heures, est faible et varie peu au cours de l'année en raison des températures élevées habituelles à cette heure. Cependant en plein cœur de la saison des pluies, les valeurs supérieures à 50 % sont fréquentes (moyenne pour Fada en août 1964, 50,6 % et pour Bachikélé en août 1959 54,2 % pour la période allant du 1er au 28 août 1959.

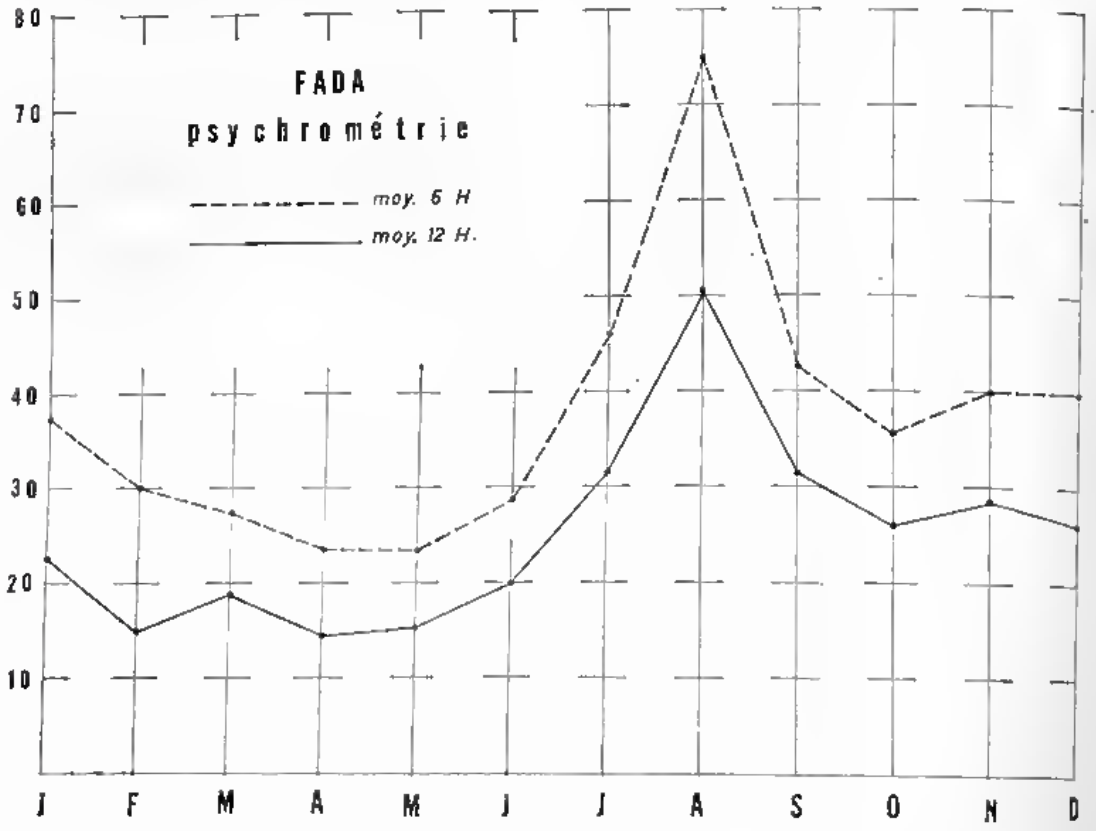


FIG. 5

Moyennes mensuelles du taux de l'humidité de l'air à Fada, établies sur la période 1962-1964

Dans notre souci d'essayer de prévoir l'importance de la saison des pluies, nous avons cherché à savoir s'il n'existe pas des relations entre l'humidité moyenne des mois hivernaux et printaniers et la pluviosité totale de l'été suivant. Avec ces données fragmentaires il semble que si la moyenne des valeurs de U prises à 18 heures au mois de mars soit faible, l'on puisse s'attendre à un pluviosité au-dessus de la moyenne et inversement.

Années déficitaires en pluie.....	1957 U à 18 h	31,8 %
	1963 U à 18 h	26,1 %
Année excédentaire en pluie.....	1964 U à 18 h	20,0 %

2° VARIATIONS AVEC LA SAISON DES PLUIES

L'arrivée de l'air humide au moment de la saison des pluies se traduit par une augmentation brusque du degré hydrométrique de l'air. Ainsi à 6 heures ce taux est à Kossomaba de 27,3 % le 28 juillet 1959 et saute à 62,2 % le lendemain à la même heure, ceci en l'absence de pluie mais avec l'arrivée du vend du Sud-Ouest. Le même bond est enregistré par notre ami C. DOUNIE à Bachikélé, le degré hygrométrique passant dans le même intervalle de temps et aux mêmes moments de 46 % à 65 %, pour atteindre le troisième jour 80 % et le quatrième 93 %.

Source : MNHN, Paris

Par contre le retrait brutal de l'air humide à la fin de la saison des pluies aboutit à des résultats exactement inverses. Entre le 28 août 1959, 12 heures et le 29 août 1959, 12 heures, à Bachikélé, l'humidité relative s'affaisse de 47 % à 28 %. En 1958 à la même époque la situation est tout à fait comparable et l'on assiste à la baisse progressive du taux pris à 12 heures : 45 % le 27 août; 41,5 % le 28; 35,5 % le 29; 32 % le 30. Chaque année les mêmes variations se reproduisent.

3° Variations journalières

En dehors de toute pluie l'humidité relative varie en raison inverse de la température. Elle est maximale avec le minimum de température, décroît jusqu'au maximum de température, puis croît lentement.

a. En saison des pluies mais en l'absence de pluie.

Les taux sont élevés et la variation est grande.

Exemple : journée du 5 août 1958 à Aoué.

5 h 30.....	82,4 %	12 h 10.....	45,1 %
6 h 25.....	68 %	14 h 10.....	33,2 %
7 h 30.....	58,7 %	16 h 30.....	42,6 %
9 h 15.....	54 %	17 h 45.....	45,5 %
10 h 30.....	45,2 %	22 h 30.....	65,0 %

Ces chiffres sont empruntés au rapport de M. Roche, 1958, annexe B.

b. *En saison des pluies en pleine invasion de l'air humide.*

Les taux sont supérieurs à 50 %.

Exemple : journée du 18 août 1962 à Gourka.

6 h 15.....	76,2 %	11 h 45.....	59,7 %
8 h 10.....	75,0 %	14 h 35.....	50,5 %
9 h 30.....	85,3 %	18 h 10.....	50,0 %
10 h 50.....	68,2 %		

c. *En saison sèche.*

Les taux sont plus faibles et la variation est moins importante.

Exemple : journée du 22 septembre 1962, Gorge Maya.

5 h 15.....	23,5 %	14 h.....	13,5 %
8 h.....	19,6 %	15 h 20.....	13,3 %
9 h.....	15,9 %	16 h 10.....	16,9 %
10 h.....	16,4 %	17 h.....	15,1 %
11 h.....	15,0 %	18 h.....	18,1 %
12 h.....	14,3 %		

L'action de la gorge, qui conserve l'après-midi la chaleur emmagasinée dans la roche, se manifeste en empêchant le degré hygrométrique de remonter avant 15 h 30.

4° Tension de vapeur

La tension de vapeur effective de l'atmosphère donne des indications précieuses, car elle permet de calculer la valeur du déficit de saturation de l'air qui entoure les plantes. Si ce déficit est faible la végétation est placée dans d'excellentes conditions. Si celui-ci est fort, la plante doit évaporer énormément pour se maintenir en équilibre et présentera rapidement des signes de flétrissement.

Quand les conditions climatiques sont stables la tension de vapeur varie peu au cours de la journée, mais présente des variations brusques sous l'influence des invasions d'air sec ou d'air humide. Il y a là un moyen sûr de déceler l'origine de l'air qui arrive sur l'Ennedi.

Source : MNHN, Paris

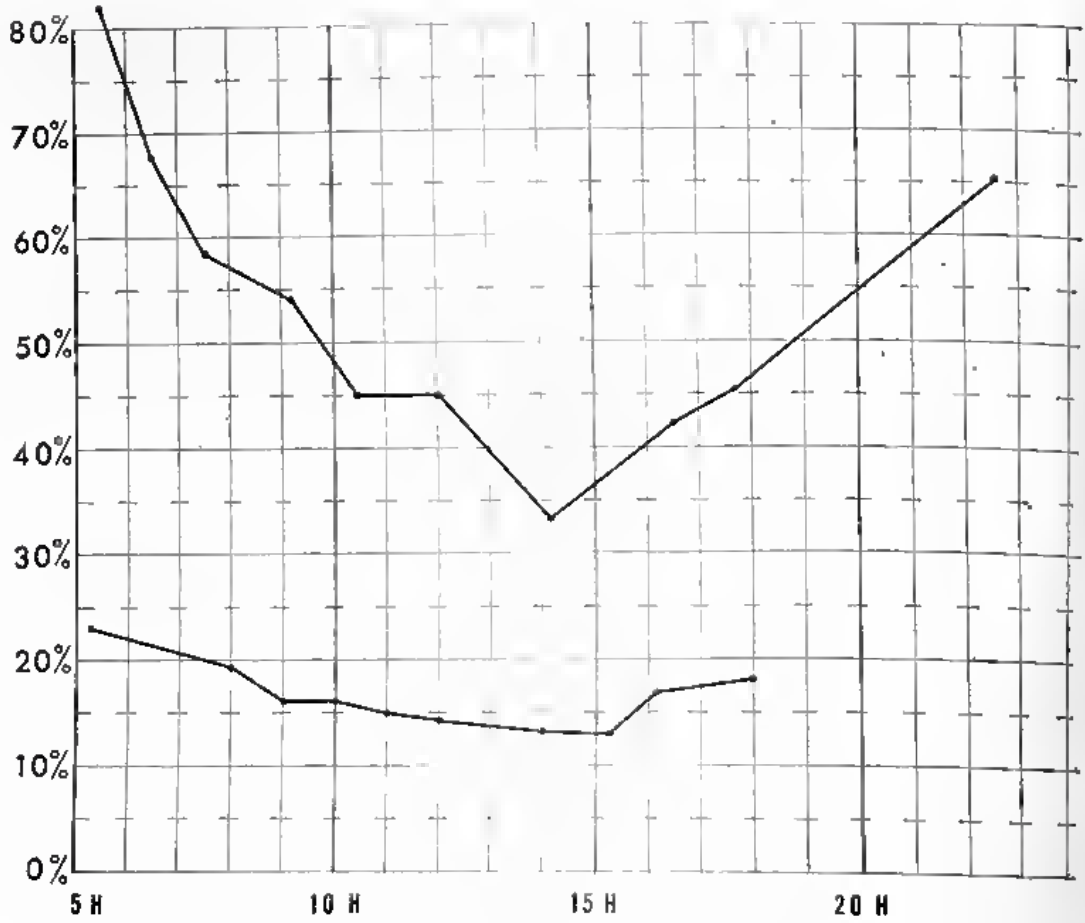


FIG. 6

Variations de l'humidité de l'air au cours de deux journées caractéristiques :
1° Courbe du haut, en saison des pluies, journée du 5 août 1958 à Aoué;
2° Courbe du bas, en saison sèche, journée du 22 septembre 1962, Gorge Maya.

Il est possible à cet égard de distinguer trois catégories de valeurs :

— celles inférieures à 10 millibars. — L'Ennedi est placé directement sous l'influence de masses d'air sec d'origine continentale : c'est l'harmattan. C'est ce qui se passe pendant toute la saison sèche. Aucune pluie n'est possible. Un exemple nous est fourni par les mesures effectuées le 22 septembre 1962 à la Gorge Maya où la tension varie de 6,9 à 7,5 mb;

— celles supérieures à 20 millibars. — C'est le cas quand l'Ennedi est envahi par l'air humide en provenance du Golfe de Guinée, c'est-à-dire pendant la plus grande partie de la saison des pluies. Un exemple typique nous est fourni par la journée du 8 août 1962 à Koubé Basso où la tension varie de 21,1 à 21,4 mb.

Si pendant cette période la tension baisse au-dessous de cette valeur cela ne peut correspondre qu'à un recul du F.I.T. vers le Sud et élimine la possibilité de toute pluie. C'est ce qui se produit pendant certaines phases sèches.

— celles intermédiaires (entre 10 et 20 millibars). — Ce sont des valeurs peu durables qui indiquent un changement de régime.

V. ÉVAPORATION

1° Evaporation totale

Nous ne possédons aucune mesure de l'évaporation étalée sur une période valable. Un bac Colorado a fonctionné quelques mois à Fada, mais les relevés n'ont pas toujours été faits avec le sérieux souhaitable. En calculant l'évaporation à partir de formules, Braquaval est arrivé au chiffre de 3.400 millimètres par an et Roche à 4.073 millimètres.

Source : MNHN, Paris

Bien que ces chiffres aient un caractère de grande vraisemblance, il n'est cependant pas interdit de penser qu'ils sont inférieurs à la réalité, car ils ne tiennent pas compte du facteur vent, lequel intervient puissamment, l'Ennedi étant, par période, soumis à des vents très violents et très secs soufflant de l'Est.

Dans un cas favorable il a été possible d'apprécier directement l'évaporation. En effet le 8 septembre 1959, le niveau supérieur des eaux était très distinct sur les tiges de *Scirpus corymbosus* Forssk. (1) dans la Mare de Togosso et se trouvait à 11 centimètres en-dessous du niveau maximum. Comme il est logique de supposer que celui-ci a été atteint le 23 août, date de la dernière tornade, il est facile d'en déduire que ces 11 centimètres représentent la hauteur d'eau éliminée par évaporation pendant la période considérée, soit 16 jours. Durant cette période l'évaporation a donc été de 6,8 millimètres en moyenne par jour.

S'il est certain que les froids hivernaux exercent une action modératrice sur l'évaporation, il est non moins vrai que les vents desséchants de la saison chaude ont par contre une action accélératrice.

Dans une certaine mesure la diminution du niveau des gueltas, ces citernes naturelles creusées par l'écoulement de l'eau à l'aplomb d'une chute, permet de se faire une idée de l'évaporation, à la condition qu'elles ne soient pas alimentées par des sources. Or il existe, et c'est un fait connu par tous les nomades, des gueltas temporaires qui se vident au bout d'un certain nombre de semaines, et des gueltas permanentes dans lesquelles il reste encore de l'eau à l'arrivée de la saison des pluies suivantes. Or il n'y a pas de gueltas permanentes exposées au soleil qui ne fassent au moins 4 mètres de profondeur. Il est vrai que de grandes quantités d'eau sont extraites de ces gueltas par les animaux à l'abreuvoir. De toutes les observations il résulte que l'évaporation est intense et qu'elle peut être évaluée à un minimum de 4.000 millimètres par an.

Dès la fin se septembre, l'eau des gueltas, refroidie par la fraîcheur nocturne et par l'évaporation diurne, demeure à une température bien inférieure à celle de l'air ambiant.

2° Évaporation journalière au Piche

L'appareil Piche donne des valeurs de l'évaporation, considérées comme contestables, surtout dans les pays tropicaux. Il convient de les valoriser en les affectant d'un coefficient variable suivant les mois.

Cependant les données comparatives de deux appareils semblables placés dans des conditioua différentes restent valables. C'est ainsi que quelques expériences ont été effectuées en 1958 dans la vallée de l'ouadi Nohi.

a. *Comparaison de l'évaporation entre l'ombre et le soleil.*

— En fin de saison des pluies, au milieu de la végétation.

Cette comparaison a été faite les 25 et 26 août 1958 à Nohi Ohi (540 m). Il en résulto qu'aussitôt après les pluies, au-dessus d'un tapis végétal dense à *Cenchrus biflorus* Roxb. il y a très peu de différence d'évaporation entre l'ombre et le soleil. En sept heures, de 11 heures à 18 heures, l'évaporation a été de 5,7 millimètres à l'ombre et de 5,6 millimètres au soleil. Entre 11 heures et 14 heures elle est rigoureusement stable et s'établit à 0,7 millimètre par heure, pour une humidité de 30 %. Dans le bilan en vingt-quatre heures, 73 % de l'évaporation intervient pendant le jour et 27 % pendant la nuit.

— En fin de saison des pluies en l'absence de végétation.

Cette comparaison a été faite les 27 et 28 août 1958 à Nohi Chilio (545 m). L'évaporation est dans ce cas plus forte au soleil qu'à l'ombre. Elle est pour la journée du 27 août entre 11 heures et 18 heures de 3,6 millimètres à l'ombre contre 5,3 millimètres au soleil, et pour celle du 29 août et pour les mêmes heures de 9,1 millimètres à l'ombre et de 10,6 millimètres au soleil.

Ces chiffres montrent également l'activité du vent et de l'humidité de l'air, car la journée du 27 août était placée sous l'influence d'un vent de Sud-Ouest assez humide (45 % à

(1) Pour la graphie, je suis, comme l'a fait Th. Monod, l'orthographe justifiée dans la Flora of Egypt 1, 1941, p. 5 et note : il s'agit de Petter Forsskal.

Source : MNHN, Paris

12 h) et celle du 28 août sous l'influence d'un vent plus sec (41,5 % à 12 h). Il n'en a pas fallu davantage pour que l'évaporation passe du simple au double.

La végétation joue donc un rôle considérable en atténuant l'évaporation dans son enceinte, d'une part et en la régularisant et en annihilant l'action du soleil, d'autre part.

b. *Influence de la végétation sur l'évaporation.*

Dans une plaine (sol sableux).

L'expérience a consisté à placer 4 évaporomètres dans 4 emplacements différents :

— à l'ombre en dehors de toute végétation;
— au soleil en dehors de toute végétation;
— dans une prairie de *Cenchrus biflorus* Roxb., la pastille étant placée à mi-hauteur des pieds;
— dans un flot assez dense de *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Beauv..

Elle a porté sur deux jours les 29 et 30 août 1958, à Nohi Oberri (552 m) par air calme.

+ résultata diurnes :

	À l'ombre	Au soleil	Prairie dans *Cenchrus biflorus*	Tache dense de *Dactyloctenium*
	mm	mm	mm	mm
Le 29 août entre 10 h et 18 h 30.....	5,15	6,2	2,85	3,0
Le 30 août entre 6 h et 18 h 30.....	5,6	7,2	3,4	4,6

Ces chiffres sont riches en enseignements. Ils montrent que l'évaporation est maximale au soleil, ce qui est tout à fait normal, mais ils mettent aussi en évidence l'influence de la végétation, qui est telle que l'évaporation dans l'ambiance graminéenne même exposée au soleil est bien inférieure à celle qui a lieu à l'ombre. Une prairie à *Cenchrus* crée un microclimat tel que dans son sein l'humidité est plus grande et l'évaporation plus faible qu'en son absence.

D'autres observations plus fines ont été faites. En plein soleil au moment le plus chaud de la journée entre 12 heures et 16 heures, l'évaporation au contact direct des pieds de *Cenchrus* est de l'ordre de 0,45 mm/h. c'est-à-dire égale à la moitié de celle qui se produit au soleil en dehors de toute tache de végétation (0,95 mm/h). Le *Cenchrus* réduit donc dans son voisinage l'évaporation d'environ 50 % (dans les conditions de la mesure il faut ajouter que le *Cenchrus* est encore en pleine végétation).

Dans la tache de *Dactyloctenium* l'évaporation est un peu plus forte que dans le *Cenchrus*, tout en restant inférieure à celle de l'ombre. C'est que le *Dactyloctenium* est en fin de végétation; il commence à jaunir et à se flétrir, et il n'est plus capable de compenser l'évaporation par l'absorption. Le *Cenchrus* plus vigoureux résiste davantage aux effets de l'évaporation pendant les journées chaudes et ensoleillées de la fin août.

D'autre part, les valeurs obtenues le 30 août sont plus élevées que celles du 29 août, cela est en rapport avec l'installation de la saison sèche et l'augmentation de la température comme l'indique le tableau suivant :

heures	le 29 août	le 30 août
10 h	32°	34°
12 h	35,5°	37°
13 h	36,8°	39°
14 h	37,8°	39°
15 h	38°	38°

Nous constatons aussi qu'en l'espace de deux jours les phénomènes de flétrissement s'accentuent. L'évaporation dans l'environnement du *Cenchrus* passe de 0,45 à 0,55 mm/h

Source : MNHN, Paris

aux heures chaudes. Le déséquilibre du *Dactyloctenium* s'affirme lui aussi. Alors que dans son environnement l'évaporation est le 29 août toujours restée inférieure à celle de l'air à l'ombre en l'absence de tapis végétal, le 30 elle était soit égale soit supérieure à cette valeur. Aux heures chaudes de la journée le *Dactyloctenium* n'arrive plus à maintenir son équilibre hydrique.

+ résultats nocturnes :

	À l'abri d'un arbre	En plein air en l'absence de végétation	Dans la prairie à *Cenchrus*	Dans une tache dense de *Dactyloctenium*
Nuit du 30 au 31 août.	3,4 mm	3,1 mm	2,9 mm	0,8 mm

Il semble que l'évaporation soit en relation directe avec la hauteur à laquelle est placé l'appareil. Elle est la plus faible au ras du sol (dans la tache à *Dactyloctenium*) et la plus élevée à 1,50 mètres au-dessus du sol.

Dans une dépression à végétation dense herbacée et ligneuse et à sol argileux.

Trois évaporomètres Piche ont été placés :

— le premier dans un peuplement dense de *Corchorus olitorius* L. à 100 % de recouvrement;

— le deuxième à 1 mètre au-dessus du sol en dehors de toute végétation;

— le troisième au sommet d'un rocher, sous l'influence directe de l'air ambiant.

+ résultats diurnes :

	Dans un peuplement de *Corchorus*	À 1 mètre au-dessus du sol	Sur un rocher
	mm	mm	mm
Nohi Mahamé.			
31 août de 9 h 30 à 18 h 30.....	1,0	3,5	–
1er septembre de 6 h à 19 h.....	1,1	4,0	6,4

Ces résultats montrent l'influence considérable du milieu. Les valeurs de l'évaporation sont bien inférieures dans ce biotope à végétation dense et concentrée à celles mesurées dans la prairie à *Cenchrus*. Il est tout à fait naturel que les conditions favorables pour la végétation se maintiennent plus longtemps dans les dépressions argileuses que sur les plaines sablonneuses. La différence est très importante, 1 millimètre contre 3 millimètres, pour une durée de huit heures de jour.

D'autre part à l'intérieur du peuplement à *Corchorus olitorius* L., l'évaporation est 3 à 4 fois plus faible qu'en dehors, ce qui met bien en évidence le rôle joué par la plante dans l'élaboration d'un microclimat.

Il convient de noter aussi que dans la dépression où l'élément arboré intervient puissamment dans le paysage, l'évaporation est moins importante qu'à l'extérieur (4 contre 6,4 millimètres en treize heures de temps), les 6,4 millimètres ayant été mesurés par l'appareil placé sur un rocher, lui-même dominant de 3 mètres l'ambiance végétale.

En vingt-quatre heures, du 31 août 9 h 30 au 1er septembre même heure, l'évaporation a été de 1,9 millimètre dans une plage de *Corchorus* et de 4,9 millimètres en dehors de la plage.

Source : MNHN, Paris

+ résultats nocturnes :

Ils sont les suivants :

	Dans *Corchorus*	À 1 mètre au-dessus du sol en dehors de toute végétation	Sur un rocher dominant de 3 m la végétation herbacée
	mm	mm	mm
Nuit du 31 août au 1er septembre.	0,7	0,8	2
Nuit du 1er au 2 septembre	0,4	0,4	1,3

Le facteur végétation n'intervient pas. Seule intervient la hauteur de l'air au-dessus du sol. Les résultats de la nuit du 31 août au 1er septembre sont plus élevés en raison du vent plus soutenu.

VI. ROSÉE

La rosée se produit chaque fois que par suite de l'abaissement de température la teneur de vapeur atteint la tension de vapeur saturante.

1° Conditions

La présence d'une certaine humidité dans l'air est requise. Il s'ensuit que la rosée dans l'Ennedi ne peut se produire que pendant la saison des pluies ou juste aussitôt après.

Il est nécessaire également que la température s'abaisse assez pour que le point de rosée soit atteint. C'est pourquoi la rosée est immanquablement liée à la limpidité de l'atmosphère, ce qui favorise la perte de chaleur par rayonnement nocturne. Chaque fois que le ciel se dégage et qu'une nuit claire succède à une journée pluvieuse, la rosée est constatée le lendemain à l'aube. Elle se manifeste au moment du minimum de température (qui est très voisin du point de formation du phénomène) et disparaît quelques instants après le lever du soleil.

Ces conditions sont presque toujours remplies lorsque le F.I.T. régresse brutalement vers le Sud dans le courant de la saison des pluies. Alors toute nébulosité disparaît du ciel et l'air conserve encore suffisamment d'humidité.

Le moment le plus favorable est le tout début de la saison sèche, après la dernière tornade correspondant au passage du front tropical. Le ciel nocturne devient très clair et l'humidité au voisinage du tapis végétal est encore grande. Cela se produit presque toujours fin août-début septembre.

2° Exemples

a. *Rosée produite par le passage du F.I.T.*

Le 29 juillet 1964 en fin de journée le F.I.T. remonte. Après une journée de beau temps, le ciel se couvre par le Sud où des éclairs sont visibles dans la soirée, mais au pied du Mont Aloba où nous sommes le ciel reste serein. Le 30 juillet au matin le minimum est de 23,0° et les plantes basses sont recouvertes d'une rosée légère.

Le 27 août 1962, la saison sèche s'installe. A 5 heures le degré hygrométrique est très élevé (89 %), la nuit a été claire, le minimum a été voisin de 20° et une rosée abondante mouille les prairies bordant l'O. Brou.

b. *Rosée des bas-fonds argileux.*

Dans les dépressions argileuses toutes les conditions sont requises pour que la rosée prenne une grande ampleur. Le sol imprégné d'eau et la végétation dense entretiennent un degré hygrométrique voisin de la saturation, l'évaporation (et éventuellement le rayonnement nocturne) contribue encore à abaisser le minimum.

Source : MNHN, Paris

C'est le cas de la dépression de Baïba dans le Val Basso à 1.070 mètres d'altitude, où la rosée dès que la végétation a atteint un certain développement doit survenir chaque fois que le ciel est dégagé. Ainsi le 11 août 1962, à 5 h 15 le degré hygrométrique était à 1,50 mètre au-dessus du sol de 89,4 % et la rosée absolument générale jusqu'au moment où le soleil avait atteint une certaine hauteur.

C'est le cas également de la dépression de Nohi Mahamé où le 1er septembre 1958, par une température de 18°, la rosée avait trempé la végétation.

C'est le cas autour des mares où la végétation atteint une densité inconnue ailleurs. Ainsi le 28 août 1962 aux abords de la Mare de Keheï la température était de 18° à 5 h 30 (contre 23° le lendemain sur le plateau) et toute la végétation ruisselait d'eau. Il est certain que dans ces conditions la rosée est quotidienne à partir de la fin des pluies et dure jusqu'à ce que la végétation se maintienne en activité.

3° Rosée, sudation et rosée interne

Ces trois phénomènes, quoique différents, sont souvent difficiles à séparer puisqu'ils se produisent en même temps. La sudation est l'émission par la plante de gouttelettes d'eau. L'eau n'est plus de la vapeur condensée par le froid, mais un trop-plein contenu dans l'appareil végétatif. La sudation intervient lorsque le sol fournit de grandes quantités d'eau à la plante et que l'évaporation est très diminuée par suite du degré hygrométrique élevé de l'atmosphère.

Aux premières lueurs de l'aube les deux fonctions s'extériorisent d'une manière différente. L'eau de rosée est répandue en un voile de minuscules gouttelettes étalées sur le limbe des feuilles, comme une pruine, et l'eau de sudation est rassemblée en grosses gouttes pendantes à la pointe des limbes et sur la nervure médiane. Puis par capillarité l'eau de rosée se concentre en gouttelettes qui se fusionnent avec les gouttes de guttation et il n'est plus possible de séparer les deux phénomènes. Souvent, et en particulier dans les bas-fonds, l'eau de rosée correspond à une condensation de la vapeur restituée à l'air par le sol ou les plantes pendant la nuit. Il s'agit alors d'une rosée interne.

4° Variation en fonction du support

L'aspect des gouttelettes d'eau visibles sur les feuilles, lorsque la rosée se produit, présente des variations suivant les végétaux.

a. *Cas des Graminées.*

Les limbes des Graminées sont les parties végétatives les plus chargées en gouttelettes quand la rosée se produit. L'abondance de la sudation chez les Graminées annuelles, elle-même favorisée par les racines nombreuses et fasciculées, explique cet état de fait.

L'on constate que le diamètre des gouttelettes est proportionnel à la largeur du limbe.

Exemple à Baïba le 11 août 1962 :

Nom des espèces	Diamètre des gouttelettes	Largeur du limbe
	mm	mm
Brachiaria Hagerupii Hitchcock	5,5	8
Cenchrus biflorus Roxb.	3,8	5,2
Dactyloctenium aegyptium (L.) Beauv.	1,8	4
Aristida stipoides Lam.	0,8	1,2

Le diamètre des gouttes a été mesuré avant le lever du soleil, car ensuite les gouttes perdent leur forme sphérique et s'aplatissent sur le limbe.

Les pieds jeunes en pleine croissance comptent davantage de gouttelettes que les pieds âgés. Ainsi le 30 août 1958 à Nohi Oberri les jeunes pieds de *Cenchrus biflorus* Roxb. portaient une douzaine de perles, alors que les pieds âgés n'en n'avaient que quelques unités. Ceci est également en relation avec le fait que l'air froid se plaque sur le sol et que les plantes basses

Source : MNHN, Paris

sont plus mouillées que les plantes élevées. Dans la même observation un *Tragus berteronianus* Schult. supportait 38 gouttes.

Les feuilles de *Cenchrus* se prêtent magnifiquement à la formation des perles de rosée. Parmi toutes les plantes, le *Cenchrus* est toujours la plus chargée en gouttelettes, probablement en raison de l'importance de la sudation et de la force de succion des racines.

Sur un pied de *Cenchrus* nous avons compté 24 gouttes ainsi réparties :

— 7 sur la première feuille;
— 7 sur la deuxième;
— 8 sur la troisième;
— 2 sur la quatrième

(observation du 1er septembre 1958 à Nohi Mahamé).

L'action de l'air froid plaqué sur le sol est démontrée par le fait que la quatrième feuille, la plus élevée, ne possède que deux gouttes.

Chez les Graminées à feuilles étroites (*Eragrostis pilosa* (L.) Beauv., *Eragrostis ciliatensis* (All.) Link ex Vign. Lut.) la rosée se dépose sous forme d'une pruine.

h. *Cas des autres plantes.*

Chez les Légumineuses la rosée se dépose sous forme d'une pruine composée de gouttelettes invisibles à l'œil nu. Par le simple passage du doigt elles s'étalent en un film continu. Il n'apparaît pas de grosses gouttes. C'est le cas du *Cassia tora* L..

Chez les Convolvulacées, fréquentes dans les bas-fonds, la rosée se dépose en une pruine qui quelquefois se double de quelques grosses gouttes [*Ipomoea Aitonii* Lindl. et *Astripomoea lachnosperma* (Choisy) Meeuse].

Les Cypéracées se comportent commes les Graminées.

Chez les autres plantes il n'y a pas de règle générale : chez certaines plantes les gouttelettes apparaissent à la marge des limbes *Achyranthes argentea* Lam., *Monsonia senegalensis* Guill. et Perr., *Aerva javanica* (Burm. f.) Juss. ex Schult.. Chez les Cucurbitacées les gouttelettes se forment dans le fond des sinus, probablement en relation avec les glandes qui existent en cet emplacement chez certaines espèces *Coccinia grandis* (L.) J.O. Voigt; *Gynandropsis gynandra* (L.) Briq. se comporte comme *Cassia tora* L.. Certaines plantes paraissent réfractaires au phénomène : *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f., *Gossypium somalense* (Gürke) J.B. Hutch., *Peristrophe bicalyculata* (Retz.) Nees, *Phyllanthus rotundifolis* Klein ex Willd..

5° Variations locales

Rosée et sudation sont deux phénomènes qui sont placés sous la dépendance de facteurs communs mais qui varient considérablement avec les conditions locales : densité, hauteur de la végétation, présence ou absence d'un couvert.

La présence d'air froid plaqué sur le sol est un facteur qui intervient presque toujours. Le 16 août 1964 autour de la Mare de Tebédé les *Gynandropsis gynandra* qui dépassaient 50 centimètres étaient secs tandis que ceux qui ne dépassaient pas 20 centimètres étaient tous trempés.

La présence d'un couvert qui empêche le rayonnement nocturne est un facteur défavorable. Dans l'exemple précédent les mêmes plantes basses à l'ombre des arbres n'étaient pas mouillées.

VII. ANÉMOMÉTRIE

1° L'Harmattan

C'est un vent qui souffle du Nord Nord-Est en permanence pendant la saison sèche. Il est chaud. Dès que son action se fait sentir après la saison des pluies, le degré hygrométrique subit une chute verticale. C'est un vent strictement continental. Son nom local est « bibi ».

a. *Vitesse.*

L'Harmattan n'a pas un régime d'une grande régularité. A certains moments de l'année, mais surtout en hiver, il souffle avec violence pendant des périodes allant de 3 à 10 jours. C'est

Source : MNHN, Paris

alors un véritable vent de sable, chargé de particules à action abrasive, entravant la marche des caravanes, voilant le soleil et gênant considérablement toute activité humaine.

Sa vitesse a été mesurée le 11 septembre 1959 à Togosso. Elle dépassait 20 km/h d'une manière permanente et poussait des pointes à 21,6 km/h.

b. *Date d'apparition après la saison des pluies.*

L'spparition du souffle violent de l'Harmattan après les pluies a une grande importance, car elle sonne le glas de la végétation herbacée. L'Harmattan est un vent brûlant et sec. Lorsqu'il se déchaîne avec violence, dans les premiers jours de septembre, de verdoyant l'Ennedi devient sec et pelé. Les végétaux se dessèchent à vue d'œil.

Cette appsrition très remarquée varie, mais dans une faible mesure selon les années.

Voici d'après nos observations les dates de sa manifestation :

— 1957 : 8, 9, 10 septembre;
— 1958 : pas d'Harmattan violent en septembre, mais apparition le 10;
— 1959 : nuit du 5 au 6 septembre, 10 et 11 septembre;
— 1962 : 10 septembre;
— 1964 : 2 et 3 septembre.

Le 10 septembre semble être une date fatidique.

c. *Action sur le minimum de température.*

L'Harmattan exerce une action puissnte sur la température et le degré hygrométrique. Il se comporte comme un souffle d'air chaud dont l'effet se fait sentir instantanément, en augmentant le minimum de température de plusieurs degrés et en abaissant la teneur en humidité de l'air. Les exemples ne manquent pas. En voici trois pris pendant trois séjours différents :

Lieu	Altitude	Minimum le jour qui précède l'arrivée de l'Harmattan	Arrivée de l'Harmattan	Minimum le premier jour où l'Harmattan souffle
	m	°C		
Diona.....	540	16,5	21 octobre 1958	23,2° le 22 octobre 1958
Mezeur Kri.....	1 108	18,7	9 septembre 1959	24,2° le 10 septembre 1959
Djorma	1 042	19,6	25 septembre 1964	23,3° le 26 septembre 1964

L'sction du vent est telle qu'elle annihile l'action de l'altitude. Dès que le vent s'installe, la température ne varie plus que par le rayonnement direct du soleil. Le rayonnement nocturne ne se fait plus sentir. L'Harmattan a tendance à égaliser les températures.

Lieu	Altitude	Date	Minimum nocturne
	m		°C
Affluent du haut cours de l'O. Dougouro	852	26 septembre 1964	23,3
Tourbstoane	762	27 septembre 1964	25,4
O. Ely.....	688	28 septembre 1964	25,5
Confluent O. Ely-O. Ohouks	540	29 septembre 1964	25,4

Source : MNHN, Paris

Le minimum n'est plus fonction de l'altitude. Il est du même ordre de grandeur quel que soit le biotope où il est mesuré.

L'action du vent est immédiate. Ainsi dans la nuit du 25 au 26 octobre 1958 sur la lisière Nord de l'Ennedi, à l'O. Michero, à 2 heures du matin la température était de 17,2° et la nuit était étoilée; le vent s'est levé brusquement et la température est montée en quelques instants à 22°, la température théoriquement minimale à l'aurore était de 22,5°, l'action du vent d'Est s'est traduite par une hausse immédiate de 5°.

2° Vent de l'Ouest ou Sud-Ouest

C'est un vent régulier en provenance du Golfe de Guinée. Sa venue se traduit infailliblement par une augmentation du degré hygrométrique de l'air, légère au début (juin, juillet) quand le souffle arrive à bout de course sur l'Ennedi, beaucoup plus forte s'il envahit largement l'Ennedi, comme c'est le cas en août.

Il s'insinue sous le vent d'Est. Le phénomène est bien visible certains jours en pleine saison des pluies, où quelques heures avant la tornade il n'est pas rare de voir les deux courants évoluer en sens contraire : les cumulus bas progressant vers le Nord-Est et les alto-cumulus élevés poussés par l'Harmattan progressant vers le Sud-Ouest.

La première pénétration de l'air humide, même si celui-ci n'apporte aucune pluie ni aucune nébulosité, mais se contente de relever de quelques unités pour cent le degré hygrométrique de l'air, agit sur certains végétaux.

a. *Vitesse.*

Le vent du Sud-Ouest est un vent modéré, régulier, ne montrant pas de variations brutales de vitesse.

Quelques mesures ont été effectuées. Le 27 août 1958 à Nobi Chilio (545 m) la vitesse moyenne de ce vent entre 11 h 40 et 12 heures était de 12 km/h. Dans l'après-midi vers 15 heures, la vitesse a oscillé entre 7 et 12,7 km/h.

b. *Action de son arrivée sur la température.*

Le vent du Sud-Ouest se comporte comme un vent frais par rapport à l'Harmattan. Ceci n'a rien d'étonnant en raison de l'origine différente des masses d'air : celles d'origine océanique se comportant comme des masses fraîches par rapport à celles provenant d'un continent surchauffé.

Aussi, dès que l'action du vent du Sud-Ouest se fait sentir, la température descend de quelques degrés, et inversement dès que son action cesse, la température remonte.

Ainsi le 24 juillet 1964 à l'O. Arroué la température à 13 h 10 était de 35,1° le vent provenant du Sud-Ouest (260) et le surlendemain le 26 juillet après l'orientation des vents vers l'Est (110), le thermomètre indiquait à 14 heures 40,0°. Le vent du Sud-Ouest fait baisser la température d'au-moins 5°. La courbe des températures accuse d'ailleurs une baisse sensible au mois d'août.

3° Vent de tornade

C'est le vent qui précède immédiatement la tornade. Il souffle en bourrasque, soulevant devant lui un nuage de sable, cassant les branches, couchant ou arrachant les arbres, emportant les touffes de Graminées comme fêtus de paille. Son action est extrêmement brutale, mais passagère. Il devance le front de la tornade, mais cesse au niveau du corps de celle-ci. Il porte le nom local d'« haraye ».

La violence des vents de tornade est variable, mais il arrive qu'elle soit d'une puissance extrême, par exemple lors d'une tornade qui se produit au plus une fois tous les 10 ans, comme celle que nous avons connue le 20 août 1962. La force des éléments est alors telle qu'il est impossible à un être humain de se tenir debout même courbé en deux. Presque tous les vieux arbres qui poussent isolés dans l'Ennedi, comme les *Maerua crassifolia* Forssk., sont penchés vers l'Ouest (suivant l'axe 64 → 244). L'on conçoit facilement que lors d'une de ces tornades d'une ampleur exceptionnelle un arbre isolé soit soumis à de telles pressions, sous l'action combinée du vent et des trombes d'eau qui transforment le sol en une boue liquide, qu'il finit par s'affaisser. Il disposera ensuite de nombreuses années pour se consolider dans cette position dans laquelle dorénavant il résistera.

Source : MNHN, Paris

La vitesse de pareilles rafales est difficile à mesurer avec un anémomètre portatif. Le vent arrive avec une telle brusquerie, qu'à chaque fois l'on se laisse surprendre et que toute l'attention est concentrée sur l'arrimage du matériel.

Cependant à Fada, par deux fois, l'abri météorologique a été renversé. Cela se produisit au cours du passage retour du front intertropical, passage marqué presque toujours par le déchaînement des éléments. L'anémomètre de Fada a enregistré une vitesse de 29,8 m/s (107,3 km/h) le 30 août 1964 à 13 h 25, et une vitesse de 19,1 m/s (68,7 km/h) le lendemain 31 août entre 14 h 30 et 14 h 35. Semblables phénomènes surviennent à un moment où la végétation herbacée est à l'apogée de son développement. Soumises à de telles contraintes, les herbes sont plaquées sur le sol, les tiges de *Sorghum virgatum* (Hack.) Stapf par exemple sont cassées à leur base, de vastes trouées apparaissent dans les prairies à *Aristida*.

4° Vents variables

Ces vents se produisent surtout en période instable, c'est-à-dire au moment du passage de la saison sèche à la saison des pluies. Leurs effets se font sentir certaines années où avant l'installation stabilisée du vent de mousson, le front intertropical procède par avancées et reculs successifs. A chaque recul le vent vire du Sud-Ouest à l'Est en passant par le Nord.

Le vent du Nord d'origine saharienne est en juillet un vent torride capable de faire monter les températures même nocturnes à des valeurs si élevées, qu'il est permis de se demander s'il ne contribue pas à attirer l'air d'origine maritime.

Toujours est-il par exemple qu'à Fada le thermomètre est passé de 32,0° à 19 h 45 le 19 juillet à 36,0° à la même heure le lendemain 20 juillet, dans l'intervalle le vent ayant passé de la direction Nord-Est à la direction plein Nord (354), alors qu'en altitude le vent continuait à venir de l'Est (92). Une pareille température de 36,0° à 20 heures, deux heures après le coucher du soleil, est rarement observée. Ainsi peuvent s'expliquer par des changements brusques de la direction du vent, les sautes de température si fréquentes dans les relevés météorologiques.

VIII. NÉBULOSITÉ

Pendant une grande partie de l'année correspondant à la longue saison sèche le ciel reste serein, et le soleil brille pendant toute la journée. C'est à peine si dans les tout premiers moments de la matinée pendant les mois de septembre et d'octobre, quelques bancs d'altus en réalité discontinus, mais apparaissant continus à l'horison en raison de l'obliquité, viennent masquer le soleil.

1° Systèmes nuageux observés

Dès le passage du F.I.T. des cumulus d'évolution diurne se forment dans le ciel dominant les hauts plateaux de l'Ennedi et là exclusivement (1). Cette apparition est considérée par les habitants comme un signe précurseur de l'arrivée des pluies. Bien que le phénomène soit en relation avec les premières tornades qui s'abattent sur l'Ouaddaï, il n'y a aucune règle qui puisse définir le nombre de jours au bout duquel la première pluie va tomber, à partir de ce moment, sur l'Ennedi. Le chiffre de 6 jours annoncé par les nomades se vérifie certaines années, mais pas d'une manière constante.

L'annonce de la saison des pluies se traduit également sur l'Ennedi par la présence nocturne d'alto-cumulus en balle.

Dès l'arrivée de la première tornade, et pratiquement jusqu'à la fin de la saison des pluies, la cumulification devient quotidienne. Le processus se répète identique à lui-même. Vers 9 heures apparaissent les premiers cumulus *médiocris;* ceux-ci grossissent, et vers 12 heures le ciel est parsemé régulièrement de beaux cumulus blancs. Puis rapidement ceux-ci s'enflent, se fusionnent, prennent un développement vertical rapide, noircissent en leur centre et se transforment en cumulo-nimbus avec formation de cumulus à enclume. Il arrive qu'après de fortes tornades l'air et le sol soient tellement imprégnés d'humidité qu'ils déterminent le

(1) Ce phénomène a été observé, entre autres exemples, les 13-14 et 17 juillet 1959.

Source : MNHN, Paris

lendemain la formation d'alto-stratus qui couvrent le ciel d'un voile uniforme, le soleil se distinguant à peine comme un disque blanc à l'heure méridienne.

Dans d'autres cas, lorsque l'Ennedi est balayé directement par le vent océanique riche en humidité, des cumulus bas traversent le ciel du Sud-Ouest vers le Nord-Est de nuit comme de jour. Ils donnent des fracto-cumulus qui plafonnent assez bas puisqu'ils accrochent fréquemment le sommet du Mont Aloba (1 050 m), [le niveau de base étant à 570 m].

Un type de système nuageux, plus particulièrement fréquent les années à faible pluviosité, quand le courant océanique n'apporte pas assez d'humidité, est celui qui présente des nuages cumuliformes, fondus en une nappe continue.

La formation de brouillards est rarissime; ceux-ci se réduisent à quelques nappes d'air froid de faible épaisseur plaquées dans le fond des ouadis sablonneux en début de saison sèche.

2° Durée de l'insolation

Si l'insolation est continue en saison sèche, elle est fortement réduite en saison des pluies. La réduction de l'insolation est un facteur très favorable à la croissance des annuelles, surtout si l'effacement du soleil a lieu aux heures chaudes de la journée. Au mois d'août l'insolation est variable. Elle peut être faible, même nulle certains jours. Le tableau ci-dessous indique quelques exemples du nombre d'heures d'ensoleillement, relevées pendant certaines journées du mois d'août 1964, mois particulièrement arrosé.

Date	Durée de l'insolation (en heures)
2 août 1964	6
4 —	6
5 —	2
6 —	10
7 —	2
8 —	1
9 —	5
10 —	2
11 —	2
12 —	3
13 —	6
14 —	7
15 —	9
18 —	12
19 —	3
20 —	11
22 —	0
23 —	8

Source : MNHN, Paris

DEUXIÈME PARTIE

BIOLOGIE

I. PRINCIPALES ÉTAPES DE LA CONNAISSANCE DE LA FLORE

L'Ennedi doit à sa position excentrique d'être resté jusqu'à une époque récente à l'écart de grands courants de pénétration. Le 12 mai 1911 la 8e Compagnie entre pour la première fois en contact avec l'Ennedi à Archeï et en 1914 commence la construction du poste de Fada. Depuis cette date et jusqu'au 1er janvier 1965 les militaires et plus spécialement les méharistes, ont assuré avec bonheur à la fois la représentation française et l'administration civile du territoire. Ce sont eux qui petit à petit pénétrèrent dans l'Ennedi, repérèrent les pâturages et les points d'eau, et dressèrent la première carte au 1.000.000e du pays.

L'un des premiers berbiers, sinon le premier, rapporté de l'Ennedi le fut par le commandant CARRIER qui en 1922 accompagna le lieutenant-colonel GROSSARD dans sa mission de délimitation Ennedi Darfour. Cet herbier fut remis au botaniste LE TESTU puis récupéré par PELLEGRIN lequel en confia l'étude en 1958-1959 à FOUILLOY. Il comporte 114 échantillons répartis en 92 espèces. Il est composé en général de petits morceaux de plantes. Toutes les espèces présentes sont pour la plupart des espèces largement représentées en Ennedi, et surtout en Ennedi oriental. Les espèces les plus représentatives sont les quelques rupicoles comme *Cleome brachycarpa* Vahl ex DC., *Indigofera suaveolens* Jaub. et Spach, *Seddera latifolia* Steud. & Hochst., mais il y a aussi beaucoup de psammophiles comme *Pancratium trianthum* Herbert, *Indigofera sessiliflora* DC., *Melhania Denhamii* R. Br.. La plante la plus remarquable est certainement *Tephrosia plicata* Oliv.. J'ai récolté dans l'Ennedi toutes les plantes figurant dans cet herbier et j'ai participé à la détermination d'un certain nombre d'entre elles.

La première mission civile qui étudia l'Ennedi sous l'angle scientifique et y fit des récoltes d'importance fut la mission antiacridienne composée de ZOLOTAREWSKY, MURAT et DUPONT. Je ne possède pas de renseignements précis sur l'itinéraire des prospecteurs, mais il est facile de constater que sur les étiquettes d'herbier les localités d'Archeï et de Fada reviennent souvent. La plupart des plantes ont été déterminées par Aug. CHEVALIER et par D. NORMAND. L'herbier est intégré dans l'Herbier général d'Afrique du Muséum. Tous les échantillons que j'ai eu l'occasion d'examiner figurent dans mes propres récoltes. Beaucoup d'échantillons proviennent de la grande pénéplaine du Mortcha et ne sont donc pas originaires du Massif de l'Ennedi *sensu stricto*.

L'on doit à DALLONI quelques observations botaniques sur le Massif. Cet explorateur rapporta un petit herbier dont les spécimens furent étudiés et déterminés par le professeur P. QUEZEL. Malheureusement les échantillons ne comportent aucune indication de date ou de localité. Nous avons recueilli dans l'Ennedi toutes les plantes figurant dans cet herbier. Parmi celles-ci figure l'intéressante espèce nouvelle *Verbena dalloniana* Quezel, que j'ai retrouvée sur les bords de la grande Mare de Bagada. Comme cette espèce est accompagnée dans l'herbier DALLONI d'autres plantes qui croissent spécialement dans cette localité [*Haplophyllum tuberculatum* (Forssk.) Juss., *Coronopus niloticus* (Del.) Spreng.], il est facile d'en déduire que DALLONI a emprunté la grande piste classique jalonnée par Bagada, Marmarigna, Aguéï, Kika, Arsa, Fada. La liste des plantes récoltées par DALLONI est donnée par P. QUEZEL (voir bibliographie).

Dans le dernier trimestre de 1950, P. COSTE et M. DUCLEROIR, tous deux prospecteurs à l'Office Antiacridien, parcoururent à chameaux l'Ennedi et la dépression du Mourdi. Leur

Source : MNHN, Paris

itinéraire a couvert une grande partie de l'Ennedi puisque d'après les étiquettes d'herbier nous relevons des localités situées sur la lisière Sud, comme celles de Bachikélé, Terkeï, Ito, O. Kettara, et piste Mechera à Monou, des localités du Centre Ennedi comme l'O. Brou, la Mare de Soboro, la guelta Korouni, Tegroba, des localités de l'Ennedi oriental comme Bao Bilio, Kapterko, des localités du Mourdi comme Bogar, O. N'Kaola, et enfin des localités de l'Ennedi occidental comme Anoa.

L'herbier fut remis au Laboratoire d'Agronomie tropicale du Muséum et déterminé en grande partie par M. le professeur R. PORTERES. Parmi les espèces intéressantes signalons l'*Adina microcephala* (Del.) Hiern, de Bachikélé (le *Rauvolfia* pourtant si abondant dans cette localité ne figure pas dans les récoltes), *Grewia flavescens* Juss. de Korouni, *Combretum aculeatum* Vent. d'Ito, *Cordia Rothii* Roem. et Schult. à Terbokokoulé. Les autres plantes sont des plantes communes dans l'Ennedi, les prospecteurs étant d'une façon professionnelle plus attirés par les foyers de *Schistocerca gregaria* que par les gîtes à plantes relictuelles. Il n'y a pas dans leurs récoltes d'espèces que nous n'ayions rencontrées lors de notre premier séjour.

Monsieur G. CARVALHO, lui aussi prospecteur à l'Office Antiacridien a collecté, au cours de différents séjours s'échelonnant de 1952 à 1957, de nombreux échantillons dont il a eu l'amabilité de me confier l'étude. Ceux-ci portent sur différentes parties du Massif, mais principalement sur la lisière Sud, la région de Fada et les ouadis qui s'écoulent du Massif vers l'Ouest en Mortcha. Les spécimens se répartissent en 550 numéros. L'ensemble des récoltes de MURAT, COSTE et DUCLEROIR, dont nous avons pu examiner les numéros, toutes celles de CARVALHO et les nôtres portant sur 1957 et une partie de 1958 ont été consignés dans un catalogue intitulé « Catalogue raisonné et commenté des plantes de l'Ennedi ». Ce travail donne les références de récolte et des commentaires sur les caractères écologiques, phénologiques, chrorologiques, la valeur pastorale et l'ethnobotanique de 410 plantes différentes.

En 1958, P. QUEZEL a récolté sur la lisière Sud de l'Ennedi et en Mortcha un certain nombre d'échantillons qu'il a eu la gentillesse de me remettre. Cette collection en grande partie déterminée par l'auteur comprend une espèce d'affinité Sud sahélienne et soudanaise, que je n'ai pas observée dans les limites du Massif. Il s'agit d'une Acanthacée, *Justicia insularis* T. Anders, recueillie le long de l'ouadi Chili en Mortcha. C'est la mention la plus septentrionale faite de la plante.

Enfin, viennent nos propres récoltes réparties sur cinq missions correspondant aux années 1957, 1958, 1959, 1962 et 1964. La flore de l'Ennedi est riche maintenant de quelque 528 espèces dont l'acquisition a été faite de la manière suivante :

1957.....	467 espèces récoltées
1958.....	21 espèces nouvelles pour le Massif
1959.....	20 espèces nouvelles pour le Massif
1962.....	9 espèces nouvelles pour le Massif
1964.....	11 espèces nouvelles pour le Massif
Total.....	528 espèces.

Il convient de signaler qu'un souci d'exactitude dans la détermination nous a conduit à n'inscrire que 410 plantes dans notre Catalogue raisonné, sur les 467 connues à cette époque et à ne pas faire mention d'un certain nombre de plantes non identifiées alors d'une façon rigoureuse. Nous désirions d'autre part réserver au présent travail la primeur de quelques découvertes importantes.

Quelques missions scientifiques à une époque assez récente ont pénétré largement dans le Massif. Parmi les plus importantes signalons celle du géologue VINCENT qui en 1955 a effectué plusieurs coupes de l'Ennedi, celle de BRAQUAVAL qui en 1957 a étudié l'hydrologie, celle la même année de BAILLOUD qui a relevé systématiquement toutes les peintures et gravures rupestres dans un rayon de 60 kilomètres autour de Fada, celle en 1958 de l'Ingénieur ROCHE qui avec la collaboration de C. DOUNIE a réalisé de nombreuses mesures météorologiques et hydrologiques; celle de C. DOUNIE qui en 1959 se concentra principalement sur le bassin versant de Bachikélé, et enfin celle du professeur CAPOT-REY qui en 1963 s'intéressa aux populations nomades du pays.

Source : MNHN, Paris

II. SPECTRE BIOLOGIQUE

A. LES FORMES BIOLOGIQUES

La végétation de l'Ennedi, soumise à un climat sahélien de type extrême obéit à un rythme régulier, suivant lequel elle entre en activité pendant les deux mois de la saison des pluies et se maintient à l'état de repos pendant les dix autres mois correspondant à la saison sèche. Cette rythmicité est tout à fait comparable à ce qui se passe dans les pays tempérés. Ici la sécheresse remplace le froid et intervient, comme lui, dès son apparition pour arrêter une grande partie de la vie végétale. Avec l'arrivée de la sécheresse les feuilles de nombreux arbres (*Grewia* sp. plur., *Commiphora, Acacia mellifera, Acacia laeta,* etc.) tombent, tout comme à l'approche des froids dans les zones de latitude moyenne. Aussi la définition des principaux types biologiques, telle que l'a présentée RAUNKIER en faisant appel à la position dans l'espace des bourgeons et à leur degré d'exposition, s'applique à la flore de l'Ennedi. Elle s'applique d'autant mieux que la saison défavorable est d'une longueur et d'une sévérité telle que tout développement de la végétation est pratiquement inhibé, sauf au bord de l'eau. C'est pourquoi classer les végétaux ligneux en prenant comme critère sélectif la hauteur des bourgeons dormants au-dessus du sol pendant la saison sèche n'offre aucune difficulté. Tenir compte du caractère annuel, en mettant dans un même groupe biologique toutes les plantes qui traversent la saison où l'aridité est très grande sous forme de graines, cadre très bien avec les faits. La végétation sahélienne, plus que toute autre, est ingénieusement adaptée, comme nous le verrons à son habitat.

1° THÉROPHYTES

Ce sont des plantes dont l'appareil végétatif se développe avec les pluies et cesse d'être fonctionnel avec la saison sèche. Les thérophytes passent la longue saison sèche sous forme de graines, organes très peu hydratés, à vie ultra-ralentie et très adaptés à traverser sans dommage de longues périodes sans pluies.

a. *Plantes à cycle court.*

Toute une série de thérophytes est capable de germer à la première averse venue, pourvu que celle-ci mouille suffisamment la couche superficielle du sable (averse voisine de 10 mm). Ils sont condamnés à disparaître s'ils n'arrivent pas à fleurir et à fructifier avant que le sol ne redevienne complètement sec. Ces plantes sont capables d'effectuer leur cycle de graine à graine en un temps record (quinze jours à quelques semaines). Elles se trouvent véritablement à leur place dans les régions subdésertiques en bordure méridionale du Sahara, là où les pluies sont capricieuses et espacées. Elles constituent alors une flore particulière appelée « acheb ». Mais dans l'Ennedi soumis à une saison des pluies régulière, elles ne se trouvent pas dans leur véritable milieu. Elles s'opposent aux autres thérophytes parce qu'elles exigent une quantité de pluie beaucoup plus faible pour entrer en développement. Elles apparaissent dès la première pluie et prennent tout leur essor s'il survient une petite période de sécheresse. Il se forme ainsi de véritables groupements de plantes à cycle court (dont certains peuvent être assimilés à des synusies) particulièrement visibles dans des dépressions à peine marquées. De loin ils ont l'apparence de taches vertes. De près l'on s'aperçoit que les individus ne recouvrent le sol que d'une manière extrêmement claire. En général ces plantes disparaissent, rapidement étouffées par la végétation sahélienne beaucoup plus luxuriante.

L'adaptation de ces végétaux à des conditions de vie aussi précaires est souvent très poussée et se traduit chez certains d'entre eux par une réduction remarquable de l'appareil végétatif qui prend une allure capillaire, et par une aptitude à produire de nombreuses petites fleurs, donnant chacune une multitude de minuscules graines. Réduit à un simple trait d'union de la graine à la graine. il n'atteint pas son complet développement. La plante lutte de vitesse pour assurer sa reproduction pendant les quelques jours favorables. Tel est le cas pour certains représentants de la famille des Molluginacées comme *Mollugo cerviana* (L.) Seringe, *Giesekia* (1) *pharnacioides* L. et également (dans d'autres familles) pour *Cleome tenella* L. dont

(1) Nous respectons, à l'instar de Th. MONOD, l'orthographe du nom de l'auteur auquel est dédié le genre P.-D. GIESEKE.

Source : MNHN, Paris

les organes les plus apparents sont les fleurs et les siliques, *Borreria compacta* (Hochst.) K. Schum. *Indigofera aspera* Perr. ex D.C., *Fimbristylis exilis* (Kunth) Roem. et Schult. et *Tribulus bimucronatus* Viv..

Les plantes à cycle court peuvent atteindre des dimensions surprenantes, si l'eau leur est fournie durant une longue période et si leur croissance n'est pas entravée par des concurrentes sabéliennes. Parmi les plantes de l'Ennedi ce sont certainement elles qui montrent les variations de volume et de taille les plus considérables. Tel pied de *Giesekia pharnacioides* croissant sur les sables de la lisière Nord n'aura que 2 centimètres de hauteur et sera monocaule (individus observés le 9 septembre 1964 à mi-chemin entre O. Matar et O. Michero), parce qu'il n'aura reçu que 20 ou 25 millimètres de pluie, tandis que tel pied croissant sur les sables du Centre Ennedi atteindra 8 centimètres de hauteur et émettra 5 rameaux entre 30 et 40 centimètres (observations du 6 août 1964 à 4 kilomètres au Nord du Mont Aloba), parce qu'il aura reçu entre 150 et 200 millimètres de pluie.

Nos plantes sont placées dans des conditions particulièrement excellentes lorsqu'elles croissent dans un sable qui reste longtemps humidifié en profondeur : fond des ouadis après les crues, limite supérieure des eaux dans les zones d'inondation. Tel pied de *Mollugo cerviana* (L.) Seringe récolté le 15 septembre 1959 à l'Ouest de l'O. Michero près d'une guelta faisait 25 centimètres de hauteur et émettait 34 brins, tel autre pied récolté sur sable sec à Guilikorou le 10 août 1957 n'avait que 12 centimètres de hauteur et 5 brins.

b. *Différents types de thérophytes.*

La classification proposée par J. Lebrun (1947) s'applique parfaitement ici.

— Thérophytes érigés :

Ce sont les plus nombreux. Le type le plus commun est la plante franchement dressée dont la hauteur varie avec les individus et les conditions du milieu. *Sesamum alatum* Thonning, *Cleome viscosa* L., *Astripomoea lachnosperma* (Choisy) Meeuse, sont de bons exemples. Leur taille est comprise entre 1 ou 2 centimètres comme certains *Borreria compacta* (Hochst.) K. Schum. ou *Cyperus aristatus* Rottb. jusqu'à 170 centimètres et même davantage comme certains pieds de *Sorghum virgatum* (Hack.) Stapf ou de *Sesbania cannabina* (Retz.) Pers.. Dans l'ensemble ils appartiennent à la strate basse.

Il existe quelques types dont les rameaux fortement procombants à la base [comme certains *Indigofera* (*I. Hochstetteri* Bak., *I. semitrijuga* Forssk., *I. sessiliflora* D C.), les *Blepharis* (*B. linariifolia* Pers. et *B. edulis* (Forssk.) Pers.), *Dicliptera verticillata* (Forssk.) C. Christensen], mais s'élèvent dans leur partie supérieure.

Certaines Graminées, quand les conditions sont propices, émettent au ras du sol de courtes tiges rayonnantes qui s'enracinent aux nœuds, puis prennent un port érigé, chacune donnant un chaume terminé par une inflorescence. La Graminée talle. Le tallage est plus prononcé les années excédentaires. Parmi ces Graminées moyennement procombantes, citons *Cenchrus biflorus* Roxb., *Brachiaria deflexa* (Schumach) C.E. Hubbard ex Robyns, *Brachiaria Hagerupii* Hitchcock, *Brachiaria ramosa* (L.) Stapf, *Urochloa lata* Hubbard.

— Thérophytes prostrés :

Ces plantes qui vivent appliquées sur le sol occupent souvent des milieux écologiques spécialisés. Un certain nombre se développe autour des mares après le retrait des eaux, comme : *Coronopus niloticus* (Del.) Spreng., *Polygonum plebeium* R. Br., *Cotula anthemoides* L., *Heliotropium supinum* L., *Polycarpon prostratum* (Forssk.) Asch. et Schweinf., *Boerhaavia repens* L., *Alternanthera nadiflora* R. Br.. Elles s'appliquent sur le sol au point souvent de le couvrir complètement. La plupart d'entre elles ont des feuillea assez épaisses. D'autres viennent sur des sables graveleux : *Zygophyllum simplex* L. et *Seetzenia africana* R.Br.. D'autres enfin sont un peu intermédiaires entre des plantes prostrées et des plantes fortement procombantes : *Astragalus Vogelii* (Webb) Bornm., *Crotalaria microphylla* Vahl, *Indigofera diphylla* Vent., *Rothia hirsuta* (Guill. et Perr.) Bak., *Tephrosia plicata* Oliv.. Ces Papilionacées psammophiles déposent leurs gousses sur le sable, et certains de leurs rameaux sont susceptibles de prendre une position semi-érigée. Chez d'autres plantes les tiges s'irradient à partir d'un pivot central; parmi celles-ci les unes sont prostrées, les autres sont espables de croître sans reposer sur le sol : *Tribulus bimucronatus* Viv., *T. ochroleucus* Maire, *T. longipetalus* Viv. et *Neurada procumbens* L..

Source : MNHN, Paris

— Thérophytes grimpants :

Ces végétaux trouvent dans l'Ennedi un terrain de prédilection. Par leur croissance harmonisée avec le rythme des pluies, ils sont parfaitement adaptés au pays. En année pluvieuse ils atteignent des dimensions considérables et arrivent en entremêlant leurs tiges et en les enroulant plusieurs fois sur elles-même à recouvrir d'un véritable manteau de verdure des arbres de petites dimensions. En année peu pluvieuse, ils restent de dimensions très modestes, se contentant de ramper sur le sol ou de s'accrocher à quelques herbes basses. Dès la germination leur rapidité de croissance est telle qu'ils dominent très rapidement les plantes environnantes. Ainsi le 7 août 1959 dans le dépression de Djalioké, neuf jours après l'arrivée des pluies, les plantules de *Merremia pentaphylla* (L.) Hallier f. mesuraient déjà 25 centimètres de hauteur et amorçaient un mouvement de giration alors que celles des autres plantes du même milieu comme *Ipomoea sinensis* (Desr.) Choisy n'en étaient qu'à 9-10 centimètres de hauteur. Les *Merremia* émergeaient nettement et se distinguaient par leurs feuilles cotylédonaires beaucoup plus grandes.

Les jeunes tiges des thérophytes grimpants diffèrent dans leur comportement initial. Certaines dès leur germination s'élèvent verticalement et cherchent, en explorant les environs par un large mouvement circulaire, un support pour s'élever. Ce sont les vraies grimpantes. Citons *Momordica balsamina* L., *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl., *Ctenolepis cerasiformis* (Stocks) Naud. et *Merremia pentaphylla* (L.) Hallier f.. D'autres commencent par ramper sur le sol et ne s'élèveront que lorsqu'elles auront rencontré un support sur lequel elles s'enrouleront. Le mouvement de circonvolution n'intervient qu'à un certain stade de la croissance. Ce sont des thérophytes grimpants-rampants, comme *Ipomoea Aitonii* Lindl., *Ipomoea sinensis* (Desr.) Choisy, *Ipomoea coscinosperma* Hochst. ex Choisy.

Si les conditions sont peu favorables, la plante se contente de ramper et assure quand même sa reproduction.

Les thérophytes à vrilles ne sont pas nombreux : *Colocynthis vulgaris* Schrad., *Cucumis melo* L. var. *agrestis* Naud., *Tephrosia lupinifolia* DC., *Cardiospermum halicacabum* L..

Les thérophytes grimpants, comme beaucoup de plantes dont les exigences climatiques sont larges, ont en général une large aire de répartition.

— Thérophytes rosettés :

Cette catégorie de plantes est très mal représentée dans l'Ennedi. Seul *Mollugo nudicaulis* Lam., par sa rosette de feuilles radicales et par sa hampe florifère nue répond rigoureusement à ce type. Les plantes annuelles à rosette et à tige nue non ramifiée se défendent mal en milieu aride contre la concurrence biologique. Leur reproduction est compromise par la sécheresse, par les herbivores qui peuvent par broutage et par piétinement éliminer d'un seul coup de dent les tiges florifères, et par le nombre limité de graines dépendant du petit nombre de fleurs. Qu'un traumatisme quelconque intervienne sur la hampe et la plante est perdue pour la reproduction.

Il existe quelques Graminées dont l'allure est celle des plantes pseudo-rosettées : *Tragus berteronianus* Schult., *Eragrostis ciliaris* (L.) R. Br., mais les feuilles basales séparées par de très courts entrenœuds ne peuvent être considérées comme réellement disposées en rosette.

2° Géophytes

Les géophytes sont des plantes dont les parties aériennes disparaissent complètement de la surface du sol en saison sèche, mais qui maintiennent enfouis des organes de conservation chargés de matières de réserve : bulbe, rhizome, tubercule, racine tubérifiée.

a. *Géophytes à bulbe.*

Certaines espèces de géophytes sont extrêmement répandues dans l'Ennedi. Elles se comportent à bien des égards comme de véritables plantes à cycle court. Comme celles-ci elles réagissent à un seuil de pluie très bas (entre 5 et 10 mm). Il suffit que le bulbe soit légèrement humidifié pour qu'il entre aussitôt en végétation, les matières de réserve contenues dans les écailles du bulbe étant immédiatement disponibles. Cette particularité est un avantage certain sur les thérophytes. Deux espèces se comportent ainsi : *Dipcadi longifolium* Bak.

Source : MNHN, Paris

et *Cyperus bulbosus* Vahl; quelques jours après la première pluie, elles prennent une avance importante sur toutes les plantes, même celles à cycle court. Ainsi, en 1962 dans les environs de Fada, les premières pluies survenaient le 19 juillet (env. 19 mm) et le 24 juillet les *Cyperus bulbosus* formaient déjà par places des gazons verts de 7 à 8 centimètres de hauteur et les *Dipcadi* isolés dans le sable arrivaient à la même hauteur. En 1964 il a suffi de quelques millimètres de pluie le 10 juillet dans la région de Fada, pour que le 16 juillet les *Dipcadi* aient des feuilles de 13 et même 17 centimètres de longueur (les bulbes étant enterrés à 13,5 centimètres, mesure prise à la base du bulbe); douze jours plus tard les *Dipcadi* étaient fleuris.

Le temps de réaction de cinq jours entre la première pluie et la sortie des premières feuilles des géophytes est confirmé par d'autres observations. Ainsi en 1959 une première pluie légère survenue à Kossomaba dans le centre Ennedi le 21 juillet, déterminait le 27 juillet la sortie des deux premières feuilles de *Pancratium trianthum* Herbert.

La plupart des géophytes bulbeux ont les feuilles épaisses, riches en eau. Ils sont pour cette raison appréciés en général des herbivores ce qui pourrait expliquer l'extrême rareté de certaines espèces : *Urginea nigritana* Bak. et *Dipcadi occidentale* Bak..

Ils sont pour employer un terme de R. MAIRE « synanthiés » c'est-à-dire que le développement des fleurs et des feuilles est simultané, et a lieu pendant le seul moment favorable de l'année. Toutefois *Urginea indica* (Roxb.) Kunth n'a jamais été trouvé fleuri.

b. *Géophytes à rhizome.*

— A rhizome épais, ligneux.

Une seule espèce répond à ce type : *Sansevieria abyssinica* N.E. Br.. Elle possède un axe de survie souterrain, noduleux, horizontal. Elle se développe dans les terrains consistants et assez humides.

— A rhizome traçant.

L'axe est ici mince, s'étendant horizontalement à peu de distance en dessus de la surface du sol. Il permet à la plante de s'installer solidement dans un terrain et d'être envahissante. Ces plantes sont à l'aise dans les terrains limoneux. Citons une Cypéracée *Cyperus rotundus* L. et quelques Graminées *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Imperata cylindrida* (L.) Beauv. var. *africana* (Anderss) C.E. Hubbard, *Desmostachya bipinnata* (L.) Stapf.

— A rhizome charnu.

Il est clair que de pareils organes riches en eau, mal protégés contre la désbydratation ne trouvent pas dans les sables brûlants de l'Ennedi des conditions propices. Aussi n'y-a-t-il pas lieu de s'étonner de constater la rareté de ces plantes. Un seul géopbyte de ce type existe, et encore à l'état ultra-relictuel. Il s'agit de *Gloriosa simplex* L., présent sous forme de quelques pieds dans une station privilégiée d'altitude (1 000 m).

c. *Géophytes à racines tubérifiées.*

Deux géophytes dans l'Ennedi réussissent à emmagasiner dans leurs racines des réserves considérables, et à assurer à la plante une solide implantation. L'organe de réserve arrive à atteindre un volume important, souvent disproportionné par rapport au développement aérien de la plante. Dans les deux cas ces organes s'encastrent dans les anfractuosités des rochers, vivant dans une sorte de loge. Ce sont *Commelina albescens* Hass. et *Talinum caffrum* (Thunb.) Eckl. et Zeyb.. Pareils rupicoles semblent maintenant mal à leur place dans un Ennedi aride et torride pendant une grande partie de l'année. Aussi occupent-ils des stations spéciales en altitude, dans des thalwegs. Ils ont des caractères affirmés de montagnards : feuilles épaisses, fleurs voyantes.

3° HÉLOPHYTES

Les bélopbytes sont des plantes apparentées aux géopbytes par la présence de rhizomes ou de bourgeons de remplacement souterrains, mais qui s'en distinguent par leur base immergée. Ce sont en quelque sorte des géophytes adaptés à la vie aquatique. On les trouve presque tous au voisinage des points d'eau permanents. Ils ont de ce fait une croissance continue, mais plus accentuée après la saison des pluies et en saison hivernale. Pour la grande majorité d'entre eux, ils se distinguent donc des géophytes vrais par la pérennité de l'appareil aérien.

Source : MNHN, Paris

a. *Hélophytes à végétation continue (tiges et feuilles).*

— Hélophytes rhizomateux.

Les rhizomes robustes et traçants sont enfoncés dans la vase ou sont ensevelis ous des masses compactes de détritus végétaux mouillés. Ces plantes ont en permanence leur base dans un milieu hydraté et leurs tiges au soleil. D'une forte vitalité, elles arrivent à former des peuplements denses, parfois monospécifiques (phragmitaie d'Ouro Galé, de Kouro) peuplements à *Typha angustifolia* L. var. *australis* (Schum. et Thonn.) Graebner de Kohoué et Maya. Elles végètent en permanence mais traversent une période difficile au moment des crues où elles sont submergées et malmenées. Elles fleurissent en général au déhut de la saison sèche. Appartiennent à ce groupe d'abord trois hautes herbes : *Phragmites communis* Trin. var. *isiacus* (Del.) Coss. et Dur., *Typha angustifolia* L. var. *australis* (Schum. et Thonn.) Graebner, *Saccharum spontaneum* L. subsp. aegyptiacum (Willd.) Hack., puis trois Cypéracées plus modestes : *Cyperus leucocephalus* Retz., *Cyperus laevigatus* L. et *Fuirena umbellata* Rottb. et aussi *Panicum repens* L..

— Hélophytes cespiteux.

Ces végétaux sont disposés en touffes serrées. Leurs feuilles et leurs tiges jonciformes toujours vertes leur permettent d'avoir une assimilation continue. Par leur températument paludicole, ce sont d'incontestables hélophytes, mais par leurs bourgeons de remplacement au niveau du sol ce sont de réels hémicryptopbytes.

Ils croissent d'ailleurs dans le voisinage des hélophytes rhizomateux. Leur hiologie est analogue à celle des précédents. La plupart végètent toute l'année et fleurissent de préférence après les pluies, quelques-uns toute l'année [*Fimbristylis diphylla* (Retz.) Vahl]. Certains ont un habitat hygropétrique et prospèrent sur une paroi lisse, au niveau d'un suintement. Citons : *Schoenus nigricans* L. et *Rhytachne rottboellioides* Desv.. Presque tous se rencontrent au bord des filets d'eau alimentés par les sources : *Rhynchospora glauca* Vahl, *Fimbristylis ferruginea* (L.) Vahl, *F. diphylla* (Retz.) Vahl, *F. bis-umbellata* (Forssk.) Bub., *Pycreus polystachyos* (Rottb.) Beauv., *Cyperus haspan* L., *Pycreus lanceolatus* C.B. Cl., *Eleocharis caribaea* (Rottb.) Blake, *Lipocarpha senegalensis* (Lam.) Th. et H. Dur. et *Juncus maritimus* Bak. var. *arabicus* (Asch. et Buchen.) Adans..

h. *Hélophytes à végétation discontinue.*

Ce sont ceux dont l'appareil végétatif se développe chaque année avec les pluies. Ils sont tous liés à des mares temporaires, prospèrent quand celles-ci sont remplies d'eau, fleurissent et fructifient puis se dessèchent complètement; les bourgeons de remplacement demeurent toute la saison sèche inclus dans le substratum desséché.

— Hélophytes rhizomateux :

Deux espèces dans l'Ennedi correspondent à ce type. Il s'agit de *Cyperus fenzelianus* Steud., commun dans la Mare de Togosso et de *Scirpus corymbosus* Forssk. commun dans un grand nombre de mares du plateau central (Soboro, Bodhoué, Keheï, Togosso, Mezeur Kri, Yahokeï, etc.). Cette dernière Cypéracée s'est si bien adaptée aux conditions sahéliennes qu'à la Mare de Soboro, par exemple, elle s'étend en peuplement pur sur des hectares. Une inondation prolongée en relation avec une certaine hauteur d'eau est nécessaire pour qu'elle entre en végétation. Ainsi en 1962 une petite partie de la Mare de Soboro fut remplie, mais les *Scirpus*, visibles sous forme de paille, vestiges de l'année précédente, ne démarrèrent pas. Cette espèce est capable de rester à l'état latent plus d'une année, grâce à ses rhizomes qui attendent, inclus dans la vase durcie, le retour des conditions favorables.

— Hélophytes bulbeux :

Les conditions spéciales des mares de l'Ennedi qui ne restent en eau que quelques semaines font que des espèces normales hydrophytiques se comportent comme des hélophytes à végétation discontinue, puisqu'elles se développent avec la montée des eaux, et disparaissent complètement de la surface de la mare dès qu'elle est asséchée. Mais leur mode de vie avec leurs feuilles flottantes est essentiellement aquatique. Tels sont *Nymphaea rufescens* Guill. et Perr. et *Aponogeton subconjugatus* Schumach..

Source : MNHN, Paris

4° Hydrophytes

Les hydrophytes sont des plantes dont la plus grande partie des organes assimilateurs sont soit immergés, soit flottants. Cependant, dans certains cas, des hampes florales temporaires peuvent se dresser, mais à une faible hauteur au-dessus de l'eau (*Utricularia*).

Il est facile de comprendre que les hydrophytes ne rencontrent pas dans l'Ennedi des conditions particulièrement favorables à leur développement. Cependant ils ne sont pas absents.

a. *Hydrophytes à végétation continue.*

Ce sont ceux qui vivent dans les points d'eau permanents.

— Hydrophytes à parties aériennes :

L'Utricularia gibba L. subsp. *exoleta* (R. Br.) P. Tayl. est une hydrophyte qui présente dans l'Ennedi, cette double particularité de végéter de façon continue et de vivre suivant les circonstances soit dans l'eau, soit hors de l'eau. Il est connu de deux stations, toutes deux alimentées par une source permanente. La première est celle d'Aoué, où il est installé sur une paroi constamment mouillée. Là, seule la base des pieds eat au contact de l'eau, les tiges d'allure frêle étant aériennes. La seconde est celle d'Aga Dubé où il a envahi des vasques remplies d'eau : là, les individus sont associés en une masse compacte, les tiges étant entièrement immergées et les hampes florales émergées.

— Hydrophytes à feuilles flottantes :

Deux espèces répondent à ces conditions. La première est *Potamogeton nodosus* Poir. var. *Billotii* (F.Schultz) Billot ex Richt.. Elle n'est connue que de deux stations, toutes deux alimentées par des sources à fort débit, les gueltas d'Aoué et de Maya. Chaque année, dès la première grosse crue les feuilles flottantes sont emportées par la violence des remous, mais sont remplacées plus tard par d'autres, issues de bourgeons s'élevant à partir de la base. Pour cette plante aquatique la période critique est paradoxalement la saison des pluies qui détruit une partie de son appareil végétatif. La floraison intervient au moment de la repousse générale (en octobre). La deuxième est *Lemna paucicostata* Hegelm. ex Engelm., connue dans une petite vasque alimentée par la source de Déli et récemment introduite dans la grande mare de Fada.

— Hydrophytes à rosettes de feuilles radicales immergées :

Une seule espèce correspond à ce type. C'est *Potamogeton hoggariensis* Dandy, présent sous forme de quelques herbiers au fond de la Mare de Diona. Endémique au Sahara central, probablement très répandue dans le Sahara quaternaire elle s'est trouvée isolée, au milieu d'hélophytes banaux, dans cette mare perdue au milieu des sables du Mourdi.

b. *Hydrophytes à végétation discontinue.*

Des plantes typiquement hydrophytes par leurs organes assimilateurs et par leur biologie sont adaptées à vivre dans des mares temporaires. Elles suivent un cycle immuable. Elles sépanouissent dès que la mare se remplit — au moment des grandes pluies — fleurissent et fructifient, s'affaissent avec le retrait des eaux, végètent tant que la surface de la vase demeure humide, puis disparaissent hrûlées par le soleil.

— Hydrogéophytes :

C'est le cas de *Nymphaea rufescens* Guill. et Perr. découvert le 19 septembre 1958 dans la grande Mare de Soboro. Cette plante commune en zone soudanaise, vit dans l'Ennedi dans des conditions extrêmes, réussissant à boucler son cycle en deux mois environ. Après l'assèchement de la mare, les hulbes restent enfouis dans la gangue argileuse solidifiée, où ils se maintiennent en vie ralentie, étant d'authentiques organes de conservation. Ils sont capables de survivre non seulement à dix mois de sécheresse absolue, mais aussi à vingt deux mois; il se peut en effet, si une année déficitaire se présente, que la mare reste complètement asséchée pendant deux saisons sèches consécutives (ce fut le cas pendant l'été 1962). C'est là une adaptation remarquable à un climat sahélien de type extrême.

Aponogeton subconjugatus Schumach. est un autre hydrogéophyte. Il suit le même rythme que le *Nymphaea*, mais sa croissance est plus rapide et son cycle un peu plus court.

Source : MNHN, Paris

En année pluvieuse les feuilles flottantes recouvrent d'un tapis continu la surface de la Mare de Bodhoué. La plante se trouve seulement dans quatre mares de l'Ennedi (Sohoro, Bodhoué, Kehei et Agouié) alors que le *Nymphaea* n'est présent que dans les deux premières.

— Hydrothérophytes :

Ces plantes sont de véritables thérophytes adaptées au milieu aquatique. Elles naissent dans les eaux et disparaissent avec elles, ne laissant que leurs graines sur la vase desséchée. Citons *Utricularia inflexa* Forssk. var. *stellaris* (L. f.) P. Tayl., trouvée très abondante dans la Mare de Naguarhé, alors qu'elle est absente de toutes les autres mares apparemment identiques du secteur.

5° Hémicryptophytes

Les hémicryptophytes sont des plantes dont les bourgeons de remplacement sont situés au niveau du sol et ont la particularité d'être bien protégés par des écailles, des fibres ou des débris foliaires. Pendant la saison sèche la souche ligneuse est persistante; elle porte une série de bourgeons séparés les uns des autres par de petits espaces.

a. *Hémicryptophytes subrosettés.*

Ce type est représenté dans notre massif par deux espèces vivaces, à feuilles paraissant toutes issues d'une souche basse. Dans l'une, *Craterostigma plantagineum* Hochst., les fleurs sont portées sur de courtes hampes florales dénudées, dans l'autre, *Aptosimum pumilum* (Hochst.) Benth., les fleurs apparaissent à l'aisselle des feuilles. Dans les deux les feuilles sont radicales, à nervures peu divergentes et se développent chaque année précocement avec les premières pluies. La première se comporte un peu comme un géophyte (d'ailleurs ses racines sont légèrement tumidifiées) : au bout de 15 à 20 jours les parties végétatives aériennes disparaissent, même s'il continue à pleuvoir. La seconde vit dans la rocaille à l'état de pied isolé. Elles ont un peu une allure de géophyte.

b. *Hémicryptophytes cespiteux.*

Ce type englobe un nombre important de Graminées et quelques Cypéracées bien spécialisées par leur souche à structure complexe. Celle-ci est en réalité constituée par toute une série de petits rhizomes très courts, étagés, chacun d'eux portant en saison sèche les chaumes de l'année précédente qui ont cessé d'être fonctionnels et un bourgeon bien protégé par une écaille (celle-ci représente une gaine). Avec les pluies, les bourgeons entrent en activité et se développent en innovations qui sont extravaginales si ces bourgeons percent latéralement la gaine ou intravaginales s'ils s'accroissent verticalement à l'intérieur de la gaine. Cette structure à l'avantage de faire apparaître au centre de la souche un microclimat et de placer les éléments dormants dans une ambiance relativement à l'abri des excès de sécheresse. Les hémicryptophytes cespiteux sont des pionniers sur certaines dunes fixées. Selon l'importance et la densité de la souche, nous distinguons les nanohémicryptophytes, les mésohémicryptophytes et les macrohémicryptophytes cespiteux.

— Nanohémicryptophytes cespiteux :

Sous ce vocable nous désignons un certain nombre de Graminées et de Cypéracées à feuilles basales disposées en petits coussinets. Ces plantes entrent en végétation en même temps que tombent les premières pluies. Les bourgeons donnent rapidement des feuilles vertes, fines et tendres, assurant à ces plantes une nette avance sur les thérophytes normaux. Elles sont à l'origine de la première tonalité verte que prend l'Ennedi rocailleux quelques jours après les premières pluies. A titre indicatif signalons par exemple que le 19 juillet 1964, 4 jours après la première pluie du 15 juillet 1964, les *Kyllinga triceps* (Rotth.) Endl. et les *Sporobolus pellucidus* Hochst. pointaient déjà leurs premières pousses, et que le 26 juillet 1962, 6 jours après la première pluie du 20 juillet 1962, cette même espèce de *Kyllinga* portait ses premières têtes florifères. Dans ce groupe, en plus des deux espèces déjà citées, notons les *Sporobolus nervosus* Hochst., *S. festivus* Hochst. ex A. Rich., *Enneapogon brachystachyus* (Jaub. et Spach) Stapf, *Oropetium thomaeum* (L. f.) Trin., *Tripogon multiflorus* B. de Miré et Gillet et *T. minimus* (A. Rich.) Hochst. ex Steud., *Chaetostichium majusculum* C.E. Hubbard pour les Graminées et *Cyperus Meeboldii* Kük. pour les Cypéracées.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE II

L'*Anthephora Hochstetteri* Nees ex Hochst. est une vigoureuse Graminée éthiopienne. Il porte de nombreux épillets échelonnés sur un long faux épi cylindrique. Il est caractéristique de l'étage supérieur de l'Ennedi.

Source : MNHN, Paris

— Mésohémicryptophytes cespiteux scapeux :

Ils se distinguent des précédents par leur souche plus développée et par leurs innovations feuillées s'élevant à plus d'un mètre au-dessus du sol. Les innovations à la base sont nettement séparées. Les gaines sont longues, bien individualisées. Les chaumes moyennement rigides portent des feuilles à limbe horizontal et s'élèvent en fin de saison des pluies. Le sable s'accumule facilement entre chaque innovation à la base de la touffe, si bien que celle-ci donne souvent l'impression d'être installée sur une butte de sable. Ces plantes de haute stature exigent une assez grande humidité; aussi sont-elles pour la plupart ripicoles. Parmi les plus représentatives citons : *Andropogon gayanus* Kunth, *Enteropogon macrostachyus* (Hochst.) Munro ex Benth., *Anthephora Hochstetteri* Nees ex Hochat., *Dichanthium annulatum* (Forssk.) Stapf, *Cenchrus ciliaris* L., *Eragrostis atrovirens* (Desf.) Trin. ex Steud., *Tricholaena leucantha* (A. Rich.) Hochst. ex Aschers. et Schweinf..

— Macrohémicryptophytes cespiteux ou hémicryptophytes à touradons :

La souche de certaines Graminées cespiteuses a tendance à se rehausser par accumulation de microrhizomes et également par l'allongement d'axes caulinaires verticaux porteurs de nœuds très rapprochés. Il s'ensuit alors la formation d'une véritable butte susceptible de s'élever jusqu'à 0,50 mètre au-dessus du sol. A un moment donné le touradon se creuse à l'intérieur (1) et le rajeunissement se fait par l'extérieur. Le touradon ne laisse pas passer le sable qui se dépose plutôt sur le pourtour. Il développe à sa base avec les années un puissant système radiculaire qui s'étend à la fois radialement et en profondeur et draine à lui toutes les ressources d'eau du sol. Aussi les groupements à touradons n'admettent-ils qu'un nombre très limité d'espèces compagnes. Les touradons occupent le terrain en force et arrivent même, malgré leur disposition nettement éparpillée, à se concurrencer mutuellement, quand l'année a été peu pluvieuse. Les bourgeons bien abrités sous plusieurs épaisseurs de gaines n'ont qu'une dormance relative. Il faut vraiment des conditions xériques d'une grande sévérité pour dessécher complètement une pareille souche et provoquer sa mort, et il est bien rare alors qu'il ne subsiste pas quelques bourgeons qui lorsque les conditions redeviennent favorables recréent une nouvelle souche soudée à la première. De pareilles formations présentent un caractère steppique vraiment prononcé.

Les principales expèces sont *Cyperus conglomeratus* Rottb. très répandu dans toutes les plaines sablonneuses, *Aristida ciliata* Desf., *A. pallida* Steud., *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng., *Eremopogon foveolatus* (Del.) Stapf, *Heteropogon contortus* (L.) Beauv. ex. Roem. et Schult., *Hyparrhenia dissoluta* (Nees) C. E. Hubbard et *H. hirta* (L.) Stapf.

6° Chaméphytes

Les chaméphytes sont des plantes pérennes ligneuses ou herbacées dont les bourgeons de remplacement apparaissent bien séparés et sont situés entre la surface du sol et une hauteur de l'ordre de 25 centimètres.

La division des chaméphytes varie selon les auteurs : Raunkiaer (1907), Braun-Blanquet (1928), Lebrun (1947) et Virot (1956).

La limite de 25 centimètres invoquée pour séparer les chaméphytes des nanophanérophytes est une limite bien artificielle pour les végétaux de régions sahéliennes. Un certain nombre d'entre eux acquièrent par xéromorphie ou par réaction au broutage un port étalé prostré qui fait qu'ils dépassent rarement 20 centimètres de hauteur, mais qu'ils n'en possèdent pas moins une incontestable structure ligneuse de Phanérophytes (*Cadaba glandulosa* Forssk., etc.). Ils sont classés comme tels. Les chaméphytes sahéliens produisent — à chaque saison des pluies — à l'inverse des nanophanérophytes des rameaux herbacés qui disparaissent à la saison sèche. Ils ont une souche basse, durable, à structure ligneuse, qui garde une certaine flexibilité et sur laquelle s'insèrent des brindilles dont certaines se lignifient et s'allongent progressivement d'année en année. En outre des rameaux annuels à croissance rapide se développent à partir de bourgeons situés sur la souche. On conçoit facilement qu'au moment du maximum d'extension des jeunes rameaux la plante atteigne des dimensions de petits phané-

(1) Le sable au milieu, provoque une sorte de nécrose par asphyxie, la touffe prenant la forme d'une couronne, d'un atoll, d'où le nom de coussinet atolliforme (cf. Th. Monod).

Source : MNHN, Paris

ropbytes, mais qu'elle soit ramenée à des dimensions plus modestes en saison sèche. C'est pourquoi dans notre classification il ne sera pas tenu compte de la limite factice des 25 centimètres, mais une attention particulière sera portée sur le degré de lignification des rameaux secondaires selon leur numéro d'ordre par rapport à la tige basale. La distinction avec les hémicryptophytes est assez aisée si l'on tient compte du caractère de densité des bourgeons sur la souche basale.

a. *Chaméphytes graminéens.*

Ces chaméphytes se détachent facilement des macrohémicryptophytes cespiteux par la production d'innovations pérennantes naissant à un certain niveau au-dessus du sol et parfois à une assez grande hauteur (LEBRUN).

— Type érigé :

L'exemple en est fourni par une des Graminées les plus fréquentes de l'Ennedi : *Panicum turgidum* Forssk., haute Graminée à chaumes persistants. Chaque année, avec l'arrivée des pluies, de nouvelles innovations s'allongent, à partir de bourgeons bien protégés par des gaines et situés à la bifurcation des principaux rameaux. C'est là une particularité qui permet à la plante de démarrer rapidement et de se transformer aussitôt en plante verte assimilatrice. Le *Panicum turgidum* Forssk. possède également la propriété d'émettre des innovations basales et par là de se rajeunir puisque celles-ci pourront à leur tour émettre des innovations supérieures. Ceci explique certainement pourquoi cette plante est la Graminée pérenne la plus abondante de l'Ennedi et pourquoi elle s'est implantée dans beaucoup de milieux.

Aristida pungens Desf., Graminée ascendante, appartient au même type biologique.

— Type complexe (érigé radicant).

Ce type correspond à une Graminée curieuse qui produit d'une part en son centre des innovations normales, et d'autre part sur sa périphérie des stolons capables de s'enraciner aux nœuds et de donner également des innovations vivaces. Comme les stolons finissent par être recouverts de sable, l'*Eleusine flagellifera* Nees se présente sous l'aspect de pieds mères entourés chacun d'un ensemble de rejets.

Les chamépbytes graminéens, par leur aptitude à fournir directement des pousses vertes sur des tiges dressées déjà anciennes, ont une véritable allure buissonnante. Les chaumes sont entourés de gaines qui demeurent longtemps assimilatrices. Ce sont de bons pâturages.

b. *Chaméphytes sous-ligneux.*

Ce sont les chamépbytes par excellence, à partie basale bien lignifiée. Ils seront subdivisés en suivant une classification inspirée de celle de VIROT, tout en l'adaptant à notre flore.

— Chamépbytes sous-ligneux érigés.

Ce type pourrait être qualifié de pseudo-phanéropbytes, tant il est élevé. Il n'est représenté dans l'Ennedi que par quelques pieds relictuels de *Sesbania punctata* DC., au bord de la Mare d'Aoué. Chaque année de puissants rejets atteignent jusqu'à 2 mètres de hauteur et même davantage, jaillissant d'une sorte de moignon ligneux épaissi. Cette poussée végétale n'est possible que par suite des conditions très spéciales dans lesquelles sont placés les quelques pieds de la plante, assurés d'une alimentation hydrique permanente et d'un approvisionnement régulier en humus.

— Chamépbytes sous-ligneux suffrutescents.

Ces espèces sont caractérisées par un squelette persistant (partie basale lignifiée sur laquelle s'insèrent des brins flexibles ou semi-rigides). Chaque année avec les pluies l'on assiste à la production de feuilles et de jeunes rameaux à partir des bourgeons disposés sur les brins. Ces brins finissent par mourir et sont progressivement remplacés par d'autres issus de la partie basale. Aussi ces plantes pérennes ne peuvent atteindre une taille bien élevée. Les végétaux suivant correspondant à ce type : *Cleome brachycarpa* Vahl ex DC., *Phyllanthus maderaspatensis* L., *Polygala Murati* J. Félix, *Pavonia Kotschyi* Hochst. ex Webb, *Pavonia triloba* Guill. et Perr., *Centaurea senegalensis* DC., *Linaria Bentii* Skan, *Vernonia cinerea* (L.) Less., *Hypoëstes verticillaris* (L. f.) Soland ex Roem. et Schult., *Mitracarpus scaber* Zucc., *Salvia aegyptiaca* L., *Evolvulus alsinoides* (L.) L., *Glossonema boveanum* (Decne) Deene.

— Chaméphytes sous-ligneux ascendants.

Ce sont les végétaux dont les rameaux, issus d'un axe principal court, sont doués d'un géotropisme transversal accentué si bien qu'ils manifestent une tendance à s'allonger horizontalement. Certains de leurs rameaux sont actifs et se soutiennent par leurs propres moyens. Ils ne comprennent guère que *Bergia suffruticosa* (Del.) Fenzl et *Tephrosia vicioides* A. Rich., encore que certains pieds de cette plante montrent un port prostré.

— Chaméphytes sous-ligneux prostrés.

Les tiges de ces végétaux s'allongent sur le sol en restant en contact avec lui sur presque toute leur longueur. La plante possède un squelette ligneux prostré qui émet à chaque saison des pluies soit des feuilles, soit des petits rameaux feuillés dont quelques-uns persistent. Ces plantes qui recherchent l'humidité par leur appareil de soutien, vivent sur les terres lourdes ou limoneuses. Elles sont représentées dans l'Ennedi par *Corbichonia decumbens* (Forssk.) Exell, *Corchorus depressus* (L.) C. Christensen, *Alternanthera sessilis* (L.) R. Br. ex Roth, *Chrozophora plicata* (Vahl) A. Juss. ex Spreng., *Convolvulus glomeratus* Choisy, *Convolvulus microphyllus* Sieb. ex Spreng., *Nelsonia canescens* (Lam.) Spreng., auxquelles on pourrait joindre *Cucumis ficifolius* A. Rich. bien que celui-ci par ses rameaux qui se renouvellent chaque année à partir d'un pivot central ait un peu un comportement d'hémicryptophyte.

— Chaméphytes sous-ligneux grimpants.

Ces végétaux émettent de longues tiges saisonnières qui ont la propriété de s'élever le long de supports éventuels. La partie ligneuse de la plante — seule visible en saison sèche — est matérialisée par un squelette souple ou est parfois réduite à un moignon dur. Hormis le faible développement des parties ligneuses pérennes, ces végétaux ressemblent beaucoup à des phanérophytes lianescents. Nous avons noté dans ce groupe des Cucurbitacées : *Corallocarpus corallinus* (Naud.) Cogn., *Kedrostis gigef* (J. F. Gmel.) C. Jeffrey, *Zehneria anomala* C. Jeffrey et aussi *Maerua oblongifolia* (Forssk.) A.Rich., *Commicarpus verticillatus* (Poir.) Standl., *Aristolochia bracteolata* Lam., *Cissampelos mucronata* A. Rich..

c. *Chaméphytes succulents.*

Ces végétaux se caractérisent par des tiges pseudo-aphylles et gorgées d'eau; les feuilles minuscules et caduques ne sont visibles que pendant les quelques semaines où se produisent les pluies. Les tiges érigées et ramifiées sont toutes issues d'une souche basale. Elles sont persistantes et plus ou moins reviviscentes. Dans l'Ennedi ce type de plante a toujours été trouvé à l'état isolé. Il s'installe le plus souvent dans le voisinage immédiat d'un végétal pérenne, qui finit par dépérir. Il existe deux Asclépiadacées de cette nature : *Caralluma Dalzielii* N. E. Br. et *Caralluma retrospiciens* (Ehrenb.) N. E. Br..

d. *Chaméphytes à tendance phanérophyte.*

Un certain nombre de plantes de l'Ennedi, vivant plus spécialement dans la rocaille, ont des allures de phanérophytes. Elles atteignent souvent la hauteur d'un homme. Cependant, elles émettent à chaque renouveau des rameaux herbacés vigoureux. Elles tiennent donc des chaméphytes sous-ligneux suffrutescents, mais également des phanérophytes par leurs hautes tiges; elles pourraient être considérées comme des plurisaisonnières si l'on se réfère à leur durée de vie. Elles vivent dans un milieu aride et chaud pendant une grande période de l'année, sur un sol squelettique à ressources humiques et minérales fort limitées. Elles sont confinées pour la plupart dans thalwegs élevés. Elles se développent souvent dans des conditions difficiles, voire extrêmes, se cramponnant à la moindre parcelle de sol utilisable, insérant dans les interstices des rochers de longues racines tortueuses. Ces plantes pendant une série d'années favorables multiplient le nombre de leurs rameaux puis, ayant atteint une extension incompatible avec les capacités nourricières du milieu, meurent dès qu'arrive une année sèche. Leurs squelettes ligneux restent alors longtemps immobilisés sur les rochers.

Le développement de ces plantes dépend des conditions locales. Tel pied d'*Echinops Bovei* Boiss. var. *pallens* Maire n'aura pas plus d'un mètre de hauteur dans tel site, alors que son voisin dépassera deux mètres.

Il arrive assez souvent, si les conditions climatiques redeviennent très favorables, que certains individus apparemment morts repoussent localement sous forme d'un rejet partant

Source : MNHN, Paris

d'un point quelconque d'une tige desséchée; c'est là un caractère souvent observé chez les plantes plurisaisonnières.

Leurs bourgeons, par leur degré de protection, occupent une position intermédiaire entre les bourgeons de plantes pérennes et les bourgeons nus des thérophytes.

— Chaméphytes à tendance phanérophyte, buissonnants.

Ces végétaux produisent à partir de leur base une série de tiges ligneuses dressées puis étagées, toutes à peu près d'égale importance. Leur développement est dans toutes les directions de l'espace sensiblement équivalent. Ils sont assez vigoureux et leur hauteur est d'environ 1 mètre. Parmi eux, certains sont fréquents : *Seddera latifolia* Steud. & Hochst., *Melhania Denhamii* R. Br., *Chascanum marrubiifolium* Fenzl ex Walp., *Indigofera suaveolens* Jaub. et Spach. D'autres sont plus localisés : *Melhania grandibracteata* K. Schuns., *Melhania ovata* (Cav.) Spreng., *Salsola baryosma* (Schult.) Dandy, *Sida grewioides* Guill. et Perr., *Sida alba* L., *Cassia italica* (Mill.) Lam. ex F. W. Andr., *Cassia senna* L.. D'autres sont plutôt ascendants :*Vernonia Aschersonii* Schultz Bip., *Achyrocline luzuloides* Vatke.

— Chaméphytes à tendance phanérophyte, érigés.

Ces végétaux progressent en hauteur, leurs tiges étant affectées d'un géotropisme fortement négatif. Certains ont un aspect de nanophanérophytes, mais ils portent tous de longs rameaux herbacés. Citons : *Hibiscus micranthus* L., *Abutilon fruticosum* Guill. et Perr., *A. glaucum* G. Don, *Svensonia laeta* (Fenzl) Moldenke, *Solanum albicaule* Kotschy ex Dunal et *Ochradenus baccatus* Del.; ces deux derniers en se faufilant dans les arbres peuvent atteindre trois mètres de hauteur.

7° Plurisaisonnières

Il s'agit d'une série de plantes remarquablement adaptées aux conditions sahéliennes. Elles n'ont pas leur équivalent dans les pays tempérés. Les plurisaisonnières sont « des annuelles qui peuvent durer plusieurs années ». Elles traversent la saison défavorable à la fois sous forme de graines, comme de véritables thérophytes, et sous forme d'individus porteurs de bourgeons dormants, comme d'authentiques chaméphytes suffrutescents. Mais ces bourgeons ne sont pas très bien protégés et résistent mal à un excès de sécheresse. Elles apparaissent un peu comme des annuelles qui s'acheminent vers l'état vivace. A la suite d'une série d'années à pluviosité excédentaire les individus à bourgeons aériens dormants se multiplient, puis disparaissent en masse dès qu'intervient une année déficitaire. La reproduction des plurisaissonières est toujours assurée quelle que soit l'importance des pluies. Des végétaux sachant aussi bien tirer parti de variations interannuelles occupent naturellement une place de choix dans l'échelle des formes biologiques du Sahel. Leur fluctuation d'une année sur l'autre fournira des renseignements précieux sur les conditions climatiques.

a. *Thérophytes à tendance plurisaisonnière.*

Dans la population d'une espèce appartenant à ce type, à côté d'individus qui se comportent comme des thérophytes typiques, il existe également des individus plus étoffés qui traversent la saison sèche et rejaillissent au moins partiellement à la prochaine saison des pluies. Citons *Cleome tenella* L., *Pegolettia senegalensis* Cass., *Atractylis aristata* Battandier, *Aristida acutiflora* Trin. et Rupr., *Danthonia Forskalii* (Vahl) R. Br., *Farsetia ramosissima* Hochst. ex Fourn., *Morettia canescens* Boiss., *M. philaeana* (Del.) DC..

b. *Plurisaisonnières à tendance suffrutescente.*

Ces plantes sont bien souvent des pluriannuelles. Elles se rapprochent des vrais suffrutescentes parce que les semis de l'année ne portent pas toujours des fleurs mais s'en distinguent parce qu'elles ne sont pas vraiment pérennes : les conditions climatiques ne sont pas les seules en cause. Quelques espèces de ce groupe montrent un comportement curieux : après avoir acquis une forme buissonnante, elles cessent de proliférer et se transforment en un amas de broussailles sèches qui, petit à petit, sont déblayées par le vent. Dans les derniers stades les rameaux ascendants extérieurs se recourbent vers l'intérieur : la plante donne alors l'impression de se refermer sur elle-même [*Tephrosia nubica* (Boiss.) Bak.].

Appartiennent à ce groupe, des Papilionacées des rocailles : *Tephrosia nubica* (Boiss. Bak., *T. purpurea* (L.) Pers. var. *pubescens* Bak., *T. subtriflora* Hochst. ex Bak., *Argyrolo-*

Source : MNHN, Paris

bium abyssinicum Jaub. et Spach, des *Fagonia, Fagonia arabica* L., *F. Bruguieri* DC., *F. Flamandi* Battandier, des psammophiles *Moltkia callosa* Vahl, *Arnebia hispidissima* (Sieber ex Lehm.) DC. et aussi *Pulicaria crispa* (Forssk.) Oliv., dont les buissons hémisphériques morts sont longtemps visibles dans les zones d'épandage. Il semble dans ce cas que les causes physiologiques (épuisement du milieu, vieillissement) viennent s'ajouter aux causes climatiques pour provoquer le dépérissement de ces plantes.

c. Plurisaisonnières strictes.

Ce sont les plantes qui comprennent à peu près en quantité équivalente des individus annuels et des individus vivant plusieurs années. Ainsi à chaque saison des pluies un certain nombre d'individus issus de semis de l'année traversent la saison sèche et recommencent à croître aux prochaines pluies. Il existe cependant selon les années une certaine variation dans les proportions. *Heliotropium undulatun* Vahl, *Heliotropium zeylanicum* (Burm. f.) Lam., *Latipes senegalensis* Kunth, *Requienia obcordata* (Lam. ex Poir.) DC. sont des espèces qui se comportent de cette façon.

Il convient de remarquer que ces plurisaisonnières strictes montrent une telle plasticité qu'elles sont capables de fournir, selon la zone géographique considérée, des types (1) strictement annuels ou longuement plurisaisonniers. Ainsi *Requienia obcordata* (Lam. ex Poir.) DC. est strictement annuel sur les sables de la lisière Nord de l'Ennedi où il ne tombe guère que 10 à 20 millimètres par an et largement plurisaisonnier sur les dunes du Sud du Massif. Il en est de même pour *Danthonia Forskalii* (Vahl) R. Br., *Tephrosia purpurea* (L.) Pers. var. *pubescens* Bak., *Aristida longiflora* Schum.. Les types sont parfois si bien différenciés qu'ils ont été classés comme des espèces différentes par les systématiciens.

8° Phanérophytes

Les phanérophytes comprennent, selon les définitions en usage, tous les végétaux ligneux dont les bourgeons de remplacement les plus élevés de la phyllosphère sont situés à plus de trente centimètres au-dessus du sol. En pays sahélien il est bien difficile de se baser uniquement sur le facteur taille pour séparer les phanérophytes de certains chaméphytes, la hauteur de la plante étant fonction de conditions écologiques, climatiques, édaphiques, etc. Peut être considéré comme phanérophyte tout végétal pérenne et non plurisaisonnier dont les axes principaux possèdent une structure ligneuse qui s'accroît d'année en année, et dont la genèse de la ramification correspond à celle d'un arbrisseau, d'un arbuste ou d'un arbre. Les bourgeons se développent en feuilles ou en jeunes tiges, mais ne donnent pas de rameaux herbacés saisonniers.

Il peut paraître surprenant que, dans un pays à affinité désertique, les phanérophytes occupent une place importante. C'est certainement la meilleure preuve selon laquelle l'Ennedi ne fut pas toujours le pays aride que l'on connaît aujourd'hui. Beaucoup de phanérophytes se trouvent confinés dans des stations privilégiées d'où ils ne peuvent sortir.

Avec les réserves indiquées, nous adoptons la classification de Raunkier reconduite par Lebrun et Virot en pays tropical.

a. Nanophanérophytes.

Ils englobent en principe les arbrisseaux et sous-arbrisseaux. Leurs bourgeons persistants sont situés entre 30 centimètres et 2 mètres (sauf dans le cas de sujets vigoureux placés dans des conditions écologiques optimales). Nous distinguerons :

— ceux qui ont des allures de chaméphytes à tendance phanérophyte buissonnant, mais dont l'importance des éléments ligneux et surtout la longueur de leur existence permettent de classer parmi les authentiques phanérophytes. Ce sont des végétaux bien à leur place, en équilibre avec les conditions climatiques actuelles et supportant facilement leurs aléss. Certains sont des saharo-sahéliens, d'autres sont des orientaux. Citons : *Cadaba glandulosa* Forssk. et *Heliotropium rariflorum* Stocks aux parties lignifiées prépondérantes; *Capparis galeata* Fresen, *Celosia populifolia* Moq., *Vernonia cinerascens* Schultz Bip., *Solenostemma argel* (Del.) Heyne, *Pergularia tomentosa* L. et *Waltheria indica* L. au port ramifié.

(1) Il faudrait procéder à des essais expérimentaux pour savoir si l'on a affaire à des écotypes ou à des accomodats.

Source : MNHN, Paris

— ceux au port érigé comme *Chrozophora senegalensis* (Lam.) A. Juss. ex Spreng., *Gossypium anomalum* Wawra.

— ceux qui appartiendraient à la classe supérieure (microphanérophytes) mais qui dans l'Ennedi ne peuvent atteindre le développement qu'ils auraient en zone soudanaise, restant en dessous de la taille normale : *Combretum aculeatum* Vent., *Guiera senegalensis* J. F. Gmel. et *Lannea humilis* (Oliv.) Engl..

b. *Microphanérophytes.*

Par leurs bourgeons persistants situés entre 2 et 8 mètres, ils englobent les arbustes et les petits arbres. En fait, à l'instar de VIROT, on pourrait les scinder en deux parts : la première comprenant des arbustes de 2 à 4 mètres, la deuxième renfermant des petits arbres de 4 à 8 mètres. Ce classement, s'il satisfait l'esprit didactique, ne correspond pas toujours à la réalité. Les microphanérophytes sont plastiques et bien souvent leurs dimensions dépendent des conditions écologiques locales. Les espèces suivantes peuvent être rapportées à des microphanérophytes :

ARBUSTES

Boscia senegalensis (Pers.) Lam. ex Poir.
Cadaba farinosa Forssk.
Tamarix Balansae J. Gay
Grewia bicolor Juss.
Grewia flavescens Juss.
Grewia tenax (Forssk.) Fiori
Grewia villosa Willd.
Gossypium somalense (Gürke) J.B. Hutch.
Bauhinia rufescens Lam.
Acacia flava (Forssk.) Schweinf.
Acacia mellifera (Vahl) Benth.
Acacia nubica Benth.
Salvadora persica L.
Ziziphus mauritiana Lam.
Commiphora quadricincta Schweinf.
Commiphora africana (A. Rich.) Engl.
Maesa Schweinfurthii Mez.
Calotropis procera (Ait.) Ait. f.
Leptadenia pyrotechnica (Forssk.) Decne.
Cordia Rothii Roem. et Schult.
Lantana salvifolia Jacq. subsp. *nepetaefolia* B. de Miré et Gillet..
Premna resinosa (Hochst.) Schau.

PETITS ARBRES

Boscia salicifolia Oliv.
Capparis decidua (Forssk.) Edgew.
Crateva religiosa Forst. f.
Maerua crassifolia Forssk.
Thespesia garckeana F. Hoffm.
Securinega virosa (Roxb. ex Willd.) Baill.
Piliostigma reticulatum (DC.) Hochst.
Acacia laeta R. Br. ex Benth.
Dichrostachys glomerata (Forssk.) Chiov.
Ziziphus abyssinica Hochst. ex A. Rich.

La plupart de ces végétaux croissent le long des ouadis. Seules des espèces peu exigeantes comme *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f., *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir., *Maerua crassifolia* Forssk., ou des espèces psammophiles comme *Leptadenia pyrotechnica* (Forssk.) Decne. s'en écartent.

c. *Mésophanérophytes.*

Ils comprennent les arbres dont les bourgeons persistants sont situés, selon la classification de RAUNKIAER, entre 8 et 30 mètres. Ces végétaux, qui ont besoin d'un sol profond pour mettre en place leur appareil radiculaire, sont tous implantés sur le trajet des grands ouadis et en particulier le long des biefs recouvrant une nappe phréatique ou au voisinage des sources. Seuls *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., en raison de son puissant système radiculaire pivotant peut s'en éloigner mais toutefois d'une manière limitée. *L'Acacia raddiana* Savi, si répandu dans les plaines, semble également faire exception, mais seuls les exemplaires situés dans les stations favorables dépassent franchement 8 mètres. Un grand nombre de mésophanérophytes ne subsistent encore dans l'Ennedi qu'à la faveur d'un concours heureux de circonstances. Aussi se rencontrent-ils sur des aires très restreintes, en nombre très limité.

Voici la liste des mésophanérophytes reconnus dans l'Ennedi :

Boscia angustifolia A. Rich.
Syzygium guineense (Willd.) DC.
Anogeissus leiocarpus (DC.) Guill. et Perr.
Combretum gallabatense Schweinf.
Combretum reticulatum Fresen
Tamarindus indica L.

Source : MNHN, Paris

Acacia raddiana Savi
Acacia scorpioides (L.) W. F. Wight var. *nilotica* (L.) A. Chev.
Acacia seyal Del.
Faidherbia albida (Del.) A. Chev.
Albizia sericocephala Benth.
Ficus ingens (Miq.) Miq.
Ficus populifolia Vahl
Ficus teloukat Batt. et Trab.
Ziziphus spina-christi (L.) Desf.
Balanites aegyptiaca (L.) Del.
Diospyros mespiliformis Hochst. ex A. DC.
Rauvolfia caffra Sond.
Adina microcephala (Del.) Hiern
Stereospermum kunthianum Cham.
Vitex doniana Sweet

d. *Mégaphanérophytes.*

Ce sont les arbres qui ont plus de trente mètres de hauteur. Cette classe n'est pas représentée dans l'Ennedi. En effet, les plus grands arbres *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. et *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. et Perr. ne dépassent guère 20 mètres de hauteur.

Remarque. — La classification édifiée par RAUNKIAER, si elle a l'avantage de faire intervenir des normes précises, a l'inconvénient d'être un peu arbitraire. Dans l'Ennedi où l'échelle de variation de la strate arborée est malgré tout limitée, une division plus simple aurait pu être choisie, par exemple celle que nous avons utilisée pour répartir les phanérophytes de l'Ouadi Rimé (1961) en nanophanérophytes rassemblant les arbrissesux et arbustes et en macrophanérophytes comprenant les petits arbres et les arbres. Dans ce cas une partie des microphanérophytes iraient vers nos nanophanérophytes et l'autre partie vers nos macrophanérophytes.

e. *Phanérophytes lianescents.*

L'Ennedi malgré son caractère subdésertique compte des végétaux ligneux dont les tiges pérennes sont susceptibles de s'élever le long d'un support ou de s'enrouler après lui. La classification établie par J. LEBRUN (1947) s'applique parfaitement ici, bien que la plupart des types distingués dans la plaine au Sud du Lac Edouard (Congo ex Belge) ne se retrouvent pas dans notre Massif.

— Lianes étagées sarmenteuses.

Ces lianes possèdent un axe principal ligneux, parfois aussi gros que le bras, capable de s'élever par ses propres moyens jusqu'à une hauteur de plusieurs mètres. Il ne peut croître que s'il est suffisamment protégé contre la sécheresse, ce qui ne peut se faire qu'au voisinage d'un arbre. Il ne tarders pas alors à s'épanouir en une nappe de ramesux et de ramilles souples et divariqués diffusant sur les branches. L'arbre support prend alors une allure étrangement verte, qui contraste singulièrement avec les arbres environnants. Certaines lianes [*Leptadenia heterophylla* (Del.) Decne.] sont si abondantes le long de certains ouadis qu'elles constituent un élément dominant du paysage. Elles prennent une telle extension que souvent, ne se contentant pas de recouvrir son support d'un manteau de verdure, elles le débordent largement et retombent marginalement en guirlandes du plus bel effet. Dans d'autres cas, ce qui est très fréquent le long des koris de l'Aïr mais plus rare dans l'Ennedi, la liane se développe en une espèce de fourreau qui enveloppe complètement le tronc de certains palmiers (*Hyphaene thebaica* (L.) Mart.), chaque rameau trouvant dans les écussons qui font saillie sur le stipe un support tout indiqué.

Indiquons, comme répondant à ce type, deux Asclépiadacées : *Leptadenia heterophylla* (Del.) Decne. et *Leptadenia hastata* (Pers.) Decne..

Par contre *l'Hippocratea richardiana* Cambess. qui est localisé le long de certains ouadis d'altitude a tendance à se replier sur lui-même en emmêlant ses tiges et ses rameaux comme pour mieux se protéger.

Quant au *Cocculus pendulus* (J. R. et G. Forst.) Diels il lui arrive de s'étaler sur le sol ou sur les rochers et de prendre l'aspect d'un chaméphyte rampant. Il se pourrait que ce port particulier résulte de la disparition du support arbre, comme le pense Th. MONOD.

— Lianes volubiles.

Deux lianes seulement présentent la propriété de s'enrouler franchement autour d'un quelconque tuteur. Une Asclépiadacée *Pentatropis spiralis* (Forssk.) Decne. assez fréquente et une Ménispermacée *Tinospora bakis* (A. Rich.) Miers beaucoup plus rare. Ces deux végé-

Source : MNHN, Paris

taux arrivent aussi à encbevêtrer leurs tiges les unes aux autres et à former des fouillis inextricables. Le géotropisme pour le premier est plutôt transversal tandis qu'il est nettement négatif pour le second.

f. *Phanérophytes Palmiers.*

Le port si particulier des palmiers justifie l'ouverture d'une subdivision spéciale pour eux. Sur le plan biologique, les Palmiers se distinguent des autres phanérophytes par leur énorme bourgeon terminal à activité continue.

Il existe deux Palmiers dans l'Ennedi :

L'Hyphaene thebaica (L.) Mart. toujours plus ou moins lié à une nappe phréatique et le *Phoenix dactylifera* L. qui a toutes les apparences de la spontanéité, au voisinage de certaines sources inaccessibles.

9° Parasites

Ces végétaux, le plus souvent pérennanta, puisent dans leur hôte, par l'intermédiaire de suçoirs, la totalité ou une partie seulement des principes nutritifs dont ils ont besoin. Leur nombre est fort limité puisque quatre espèces seulement ont été reconnues. Il y a lieu de remarquer que ces parasites se développent aux dépens de sujets nourriciers dont l'identité spécifique n'est pas rigoureuse.

a. *Parasites verts.*

Il convient de placer ici deux espèces de *Tapinanthus* qui vivent surtout sur les *Acacia*. Ces parasites profitent directement de la sève de l'arbre. Ils prennent en effet de la vigueur en même temps que l'arbre, entrent en végétation et fleurissent au moment du plein épanouissement de leur hôte, c'est-à-dire à la fin de la saison des pluies. Ils possèdent la propriété de concentrer en eux les liquides nourriciers car leurs feuilles vertes sont toujours plus aqueuses que les feuilles de l'espèce sur laquelle ils vivent. C'est peut-être pour cette raison qu'elles sont toujours très appréciées des chamesux qui les choisissent et les cueillent en premier lieu. Les deux espèces sont *Tapinanthus acaciae* observé sur différentes espèces d'*Acacia*, mais aussi sur *Cordia Rothii* Roem. et Schult. et *Tapinanthus globiferus* (A. Rich.) Van Tiegh., sur *Acacia* également.

b. *Parasites non verts.*

— Parasite en relation avec son bôte par des suçoirs souterrains.

L'Ennedi n'est pas dépourvu de ces plantes dont la plus grande partie de l'appareil végétatif est souterrain et qui inopinément, en dehors de la saison de grande activité de la végétation, émergent du sable sous forme d'une grosse tige couverte d'écailles brunes. La plante est fixée en réalité sur la racine d'un phanérophyte; elle y vit à l'état latent pendant des années jusqu'au moment où, se mettant à fleurir, elle devient facilement repérable. Une plante répond à ce type. Il s'agit de *Cistanche phelypaea* (L.) Cout.. Il ne semble pas qu'il y ait une spécificité étroite entre le parasite et l'hôte qui peut être aussi bien *Salvadora persica* L., *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. et même *Ficus teloukat* Batt. et Trab..

— Parasites aériens.

La découverte récente (6 septembre 1964) de *Cuscuta hyalina* Heyne ex Roth sur le versant Nord de l'Ennedi montre que ces plantes volubiles, envahissantes, apbylles — mais entrant en relation avec la plante bôte par de multiples suçoirs — arrivent à s'accomoder du climat sabélien à type extrême. Dans une première observation la plante était établie sur une aire où dominait *Tribulus terrestris* L. sur laquelle elle était solidement établie, mais elle s'étendait également sur les plantes voisines telles que *Gynandropsis gynandra* (L.) Briq., *Brachiaria Hagerupii* Hitchcock, *Eragrostis cilianensis* (All.) Link ex Vign. Lut. et même *Cenchrus biflorus* Roxb., toutes plantes liées à la présence du bétail. Dans une deuxième observation la plante était installée dans un groupement analogue.

Source : MNHN, Paris

B. — BILAN GÉNÉRAL

1° Répartition des formes biologiques

Celui-ci est résumé dans le tableau ci-dessous, qui donne en même temps les abréviations utilisées dans la liste des plantes spontanées de l'Ennedi, dressée à la fin du présent ouvrage (p. 172 à 185).

			Pourcentage
218		Thérophytes	
	167 Te.	thérophyte érigé	41,3
	28 Tp.	thérophyte prostré	
	18 Tg.	thérophyte grimpant	
	5 Tr.	thérophyte rosetté	
16		Géophytes	
	6 Gh.	géophyte bulbeux	3,0
	8 Gr.	géophyte rhizomateux	
	2 Grt.	géophyte à racines tubérifiées	
27		Hélophytes	
	14 Hel r.	hélophyte rhizomateux	5,1
	13 Hel e.	hélophyte cespiteux	
	Hel b.	hélophyte bulbeux	
6		Hydrophytes	1,1
	6 Hy.	hydrophyte	
37		Hémicryptophytes	
	4 Hem subr.	hémicryptophyte subrosetté	7,0
	23 N Hem ces.	nano et mésohémicryptophyte cespiteux	
	10 M Hem ces.	macrohémicryptophyte cespiteux	
96		Chaméphytes	
	3 Ch gram.	chaméphyte graminéen	18,4
	1 Ch e.	chaméphyte sous-ligneux érigé	
	5 Ch asc.	chaméphyte sous-ligneux ascendant	
	12 Ch p.	chaméphyte sous-ligneux prostré	
	14 Ch g.	chaméphyte sous-ligneux grimpant	
	32 Ch suf.	chaméphyte sous-ligneux suffrutescent	
	27 Ch phan.	chaméphyte à tendance phanérophyte	
	2 Ch suc.	chaméphyte succulent	
43		Plurisaisonnières	
	43 Plur.	plurisaisonnière	8,1
79		Phanérophytes	
	14 nano Ph.	nanophanérophyte	15,1
	31 micro Ph.	microphanérophyte	
	25 meso Ph.	mésophanérophyte	
	7 Ph l.	phanérophyte lianescent	
	2 Ph palm.	phanérophyte palmier	
4		Parasites	
	4 Par.	parasite	0,9
526		Total	100,0

Source : MNHN, Paris

2° Comparaison du spectre biologique de l'Ennedi avec ceux d'autres régions

Nous disposons de peu de données à ce sujet car il existe peu de zones africaines comparables où un inventaire complet de la végétation et un spectre aient été établis.

Les éléments de comparaisons dont nous disposons sont ceux effectués par G. Boudet dans le Hodh (Mauritanie) et les nôtres au Ranch de l'Ousdi Rimé dans le Centre Tchad (Préfecture d'Ati).

Auteur	Hodh (Mauritanie)	Ranch de l'O. Rimé	Ennedi
Nombre d'espèces sur lesquelles est établi le spectre.....	161	207	526
Thérophytes.....	61,4	67,1	41,3
Géophytes (y compris Hélophytes).....	1,8	4,8	8,1
Hémicryptophytes.....	5,6	6,7	7,0
Chaméphytes (y compris plurisaisonnières)....	6,8	7,9	26,5
Phanérophytes.....	23,6	13,5	15,1
	99,2	100,0	98,0
			non compris Hydrophytes (1 %) et parasites (1 %)

Si l'on se réfère à la loi générale qui veut que, plus on se rapproche de l'Équateur plus le matériel ligneux prend de l'importance (Hem + Ch + Ph > T) et que, dans les régions sahariennes les espèces herbacées thérophytiques l'emportent largement sur les autres, on remarque le caractère nuancé de la végétation de l'Ennedi. Le spectre biologique reflète l'origine diverse des courants de flore qui se sont affrontés dans le pays.

3° Caractères du spectre biologique

— Prédominance des thérophytes.

La prédominance des thérophytes n'est que relative. Elle n'est pas absolue. Ceci est la conséquence du nombre important de relictes pérennes qui trouvent refuge dans les gorges, et du caractère orophile et rupicole d'une partie de la flore. La flore pérenne à souche épaisse profondément encastrée dans les rochers, et la flore hélophyte liée aux points d'eau permanents avec ses organes de pérennité sont de ce fait plus résistantes aux aléas climatiques que la flore annuelle susceptible d'être éliminée par une série d'années sèches.

L'importance des thérophytes est en relation avec le substrat sableux. Cette flore qui occupe le terrain passagèrement, parfois jusqu'à la saturation, profite du caractère filtrant du sable qui est capable de laisser passer l'excès d'eau et de le restituer ensuite par capillarité. Il est normal qu'elle soit l'élément principal (67 %) du Ranch de l'Ouadi Rimé implanté sur d'anciennes dunes quaternaires fixées.

La vitalité de la flore annuelle est parfois prodigieuse. Ainsi, dans le cas des bas-fonds limoneux, peu après les pluies, les individus de certains espèces à croissance rapide [*Borreria compacta* (Hochst.) K. Schum., *Cassia tora* L., *Gynandropsis gynandra* (L.) Briq.] se comptent par centaines au mètre carré. La végétation est alors si dense que le sol n'est pas visible. L'exu-

Source : MNHN, Paris

bérance des thérophytes confère au pays un visage riant et verdoyant qui contraste singulièrement avec celui, austère et pelé, de la saison sèche.

Le pourcentage des géophytes est dans l'Ennedi du même ordre de grandeur que celui trouvé dans d'autres régions sahéliennes. C'est un groupe de plantes dont l'importance varie peu avec les climats.

— Importance de la flore pérenne.

La place occupée par les phanérophytes mérite d'être soulignée. L'Ennedi, contrairement à l'opinion préfabriquée que l'on pourrait se faire en consultant les livres, est très largement pourvu en arbres et arbustes. Le cours de certains grands ouadis en altitude sont de véritables couloirs forestiers. Il existe des zones d'épandage intérieures où les arbres sont si denses qu'ils occupent le terrain à plus de 50 % (leurs cimes ne sont pas jointives, mais séparées par un espace inférieur au diamètre d'une pbyllosphère). Dans les éboulis ou les chaos rocbeux, les chaméphytes sous-ligneux suffrutescenta viennent en tête par le nombre des individus présents sur le terrain. Sur les pentes pierreuses peu déclives — comme celles prolongeant les éboulis à leur base — les nanophanérophytes cespiteux sont dominants.

— Rôle des lianes.

L'abondance des lianes est certainement l'un des caractères les plus saillants de la flore ennedienne. L'observation continuelle de végétaux lianescents pratiquement présents dans la zone d'influence de chaque arbre est un spectacle auquel n'est pas habitué le botaniste des zones tempérées. Le long de certains ouadis le *Leptadenia heterophylla* (Del.) Decne. est l'élément le plus fréquent. Dans toutes les zones à végétation dense, des lianes s'accrochent de toutes parts aux berbes en pleine croissance ou montent à l'assaut des bois morts. La faculté de se soutenir sur les supports présents se rencontre aussi bien cbez des thérophytes que chez des chaméphytes et des phanérophytes. Toutes les lianes sont des plantes envahissantes qui présentent, par leur allongement rapide, un caractère de supériorité sur les autres plantes.

L'important contingent de lianes annuelles distingue nettement la flore sabélienne de la flore saharienne et de la flore méditerranéenne. Ces lianes appartiennent à quelques familles dont certaines sont réellement tropicales comme les Ménispermacées (avec trois espèces), les Hippocratéacées et, pourrait-on ajouter les Asclépiadacées [avec *Pentatropis spiralis* (Forssk.) Decne., *Oxystelma bornouense* R. Br. et deux espèces de *Leptadenia*]. Les autres familles sont les Cucurbitscées dont toutes les espèces sont grimpantes, les Convolvulacées avec l'important genre *Ipomoea*, les Sapindacées (avec *Cardiospermum halicacabum* L.), les Papilionacées avec le genre *Rhynchosia* (avec 4 espèces).

III. SPECTRE PHYTOMÉTRIQUE

1° Échelle de stratification

Depuis la plus bumble plante de quelques centimètres jusqu'au colossal *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. la flore ennedienne se répartit en différentes strates. La différenciation de celles-ci est un peu une question d'interprétation. Dans l'écbelle proposée, nous nous inspirerons de celle définie par Mullenders et de la nôtre utilisée dans l'analyse de la flore du Ranch de l'Ouadi Rimé. La distinction repose sur des critères commodes, immédiatement repérables. Ainsi nous distinguerons :

— une strate basse, dite strate 6, composée par les plantes dont la taille est comprise en principe entre 0 et 20 centimètres. Appartiennent à cette strate toutes les plantes prostrées, et toutes celles qui sont facilement foulées.

Ex. : *Monsonia senegalensis* Guill. et Perr., *Fimbristylis exilis* (Kunth) Roem. et Schult., *Borreria compacta* (Hochst.) K. Schum..

— une strate moyenne herbacée, dite strate 5, composée par les plantes dont la taille est comprise en principe entre 20 et 60-70 centimètres. Appartiennent à cette strate les plantes qui arrivent à la hauteur du genou.

Ex. : *Eragrostis tremula* Hochst. ex Steud, *Crotalaria senegalensis* (Pers.) Bacle ex DC..

— une strate élevée herbacée, dite strate 4, réunissant les plantes dont la taille est comprise en principe entre 60-70 centimètres et 1-1,20 mètres. Appartiennent à cette strate

Source : MNHN, Paris

les plantes qui arrivent à la hauteur du ventre ou de la ceinture. Elle groupe toutes les Graminées cespiteuses élevées comme *Aristida ciliata* Desf., *Cymbopogon schœnanthus* (L.) Spreng., *Panicum turgidum* Forssk. et un grand nombre de chamépbytes.

— une strate arbustive, dite strate 3, groupant les plantes dont la taille est comprise entre 1-1,20 mètres et 2 mètres environ, c'est-à-dire celles dont la hauteur est peu différente de celle d'un homme. Elle groupe principalement les arbustes et arbrisseaux.

Ex. : *Gossypium somalense* (Gürke) J. B. Hutch., *Hibiscus micranthus* L..

— une strate arborée, dite strate 2, comprenant tous les petits arbres dont la taille se situe entre 2 et 5 mètres environ.

Ex. : *Grewia villosa* Willd., *Grewia bicolor* Juss., *Cordia Rothii* Roem. et Schult..

— une strate de grands arbres, dite strate 1, comprenant tous les grands arbres (ceux de plus de 5 m).

Les limites indiquées ne peuvent être considérées comme absolues, car il est clair que dans une population donnée, si homogène soit-elle, les individus ne plafonnent pas tous à la même hauteur. Dans ce cas la strate choisie sera celle qui englobera la plus grande partie des représentants de l'espèce.

La strate indiquée à propos de chaque espèce dans le tableau est évidemment celle qui s'applique aux spécimens de l'Ennedi. Ainsi *Boscia angustifolia* A. Rich. appartient à la classe 2 parce que tous les exemplaires observés dans l'Ennedi ne dépassent pas 5 mètres (bien que cet arbre atteigne 10 mètres sur les bords de l'O. Oum Chalouba). De même *Celosia trigyna* L. a été classé dans la strate 6 parce que les seuls pieds de cette plante observés au pied du Mont Deli ne faisaient que 15 centimètres, alors que les spécimens de la région d'Abéché mesurent communément 1 mètre de hauteur, etc. D'une manière générale les plantes d'origine soudanaise présentes dans l'Ennedi, n'atteignent pas, pour des raisons faciles à comprendre, la taille qu'elles ont dans leur aire normale.

2° Bilan général

Il est présenté dans le tablesu suivant :

Strate	Nombre d'espèces	Pourcentage	Pourcentage pour les plantes du Ranch de l'O. Rimé
6	179	34,1	37,7
5	183	34,8	34,0
4	63	12,0	15,5
3	41	7,8	3,4
2	44	8,4	7,2
1	15	2,9	1,9
	525	100,0	99,7

3° Plantes naines

Le nombre d'espèces appartenant à la classe 6 n'est pas surprenant. Il concrétise d'une part l'abondance des thérophytes et aussi une tendance certaine à une réduction de taille pour un certain nombre de plantes.

Cette faculté de produire des accomodats nains est le propre de quelques annuelles psammophiles. Cela peut se produire dans différentes circonstances :

— mince couche de sable remplissant une cuvette dans les rochers.

Le substrat est limité à quelques centimètres : les racines ne peuvent se développer. Cependant toute une flore chétive lève avec les pluies, comprenant de nombreuses Graminées filiformes comme, *Eragrostis pilosa* (L.) Besuv., *Eragrostis ciliaris* (L.) R. Br., *Eragrostis*

Source : MNHN, Paris

tremula Hochst. ex Steud., *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Beauv., *Aristida adscensionis* L. et quelques diverses : *Euphorbia granulata* Forssk., *Anticharis linearis* (Benth.) Hochst. ex Aschers., etc.

— sol granuleux à particules grossières.

Dans ce cas le substrat se prête mal à l'installation des plantes. Cependant quelques espèces arrivent à vivre, fleurir et fructifier tout en restant de taille très réduite. Dans un tel milieu au pied du Mont Aloba le 3 août 1964, les observations suivantes ont été réalisées :

Espèces	Hauteur
Indigofera sessiliflora DC.	4 cm
Fimbristylis exilis (Kunth) Roem. et Schult.	0,4 à 3 cm
Dactyloctenium aegyptium (L.) Beauv.	6 à 7 cm
Borreria compacta (Hochst.) K. Schum.	2 à 3 cm

— Dune très faiblement arrosée.

Sur les dunes du Mourdi, à la lisière Nord de l'Ennedi, toute une florule est composée d'individus nains, nés souvent à la suite d'une seule ondée. Ainsi entre l'O. Matar et l'O. Michero, nous avons observé le 9 septembre 1964 à l'état très dispersé, des pieds de très petite taille, mais fleuris de : *Requienia obcordata* (Lam. ex Poir.) DC., *Indigofera sessiliflora* DC., *Tephrosia purpurea* (L.) Pers. var. *pubescens* Bak., *Giesekia pharnacioides* L., *Aristida acutiflora* Trin. et Rupr., *Danthonia Forsskalii* (Vahl) R. Br., etc.

— En bordure des taches de végétation.

Sur les plateaux de l'Ennedi la végétation prend possession des moindres épaississements du sol. Mais la place est limitée. Au centre les plantes présentent un développement normal. A la périphérie, au contact du substrat rocheux, s'accrochent quelques individus frappés de nanisme. Ainsi sur le haut plateau Erdebé les taches de *Morettia canescens* Boiss. sont entourées d'une frange d'individus minuscules de cette même espèce.

— En bordure du sable humide.

Le même phénomène joue en bordure des plages de sable, là où l'humidité n'est plus suffisante pour assurer le développement des hygrophytes. Ainsi en bordure des plages à *Cyperus aristatus* Rottb. ou à *Cyperus iria* L. il se trouve toujours des individus de quelques centimètres qui n'en fleurissent pas moins.

4° Valeur moyenne

D'une façon générale les plantes de l'Ennedi dont la majorité sont des sahéliennes n'atteignent pas la taille de leurs homologues du 13e parallèle. Cet état s'applique particulièrement aux thérophytes qui ne disposent en tout que de six semaines pour accomplir leur cycle végétatif; ainsi les *Aristida stipoides* Lam., *Cenchrus biflorus* Roxb., *Cenchrus Prieurii* (Kunth) Maire sont beaucoup moins vigoureux dans l'Ennedi qu'ils ne le sont par exemple sur les sables de la région d'Ati. Voici quelques exemples frappants :

Espèces	Hauteur atteinte au Ranch de l'O. Rimé par 13°50′	Date	Hauteur atteinte dans l'Ennedi par 17°	Localités	Date
	cm		cm		
Cenchrus biflorus Roxb.	85	1-9-1961	23	O. Bici	3-9-1964
Cenchrus Prieurii (Kunth) Maire	90	1-9-1961	21	O. Bici	3-9-1964
Aristida stipoides Lam.	100	1-9-1961	60	O. Tourba	24-9-1965
Aristida mutabilis Trin. & Rupr.	58	1-9-1961	15	N. Ouro Galé	14-9-1964
Indigofera astragalina DC.	34	1-9-1961	16	O. Ely	27-9-1964
Giesekia pharnacioides L.	12	1-9-1961	4	O. Kaoua	24-8-1964
Fimbristylis exilis (Kunth) Roem. & Schult.	18	5-9-1961	4	Mt. Aloba	3-8-1964

Source: MNHN, Paris

Ces mesures ont été prises en plaine, en choisissant volontairement les exemplaires les plus représentatifs du type moyen. Elles sont faites sur des échantillons dont chacun dans les deux cas (sauf *Indigofera astragalina* DC.) sont repétés à des milliers d'exemplaires.

5° Valeurs exceptionnelles

Néanmoins il se peut que dans des conditions exceptionnelles les plantes de l'Ennedi parviennent à avoir la même taille (ou à s'en approcher fortement) que celle de leurs homologues Sud-sahéliennes. Mais cela ne se produit que localement, en des stations privilégiées qui reçoivent un complément important d'eau ruisselée des reliefs avoisinants, et seulement les années à forte pluviosité (1).

Certaines plantes sont beaucoup plus sensibles que d'autres aux variations interannuelles de pluviosité. Elles peuvent servir de tests pour apprécier la hauteur d'eau tombée dans une région. La plante qui réagit le mieux dans ce domaine est *Sesamum alatum* Thonning. Cette Pédaliacée dont la taille normale est de 30 à 40 centimètres, atteint dans les conditions optimales 120 centimètres (observation du 25 septembre 1964 à l'Ouest de l'O. Djorma, 1 020 m). Il est possible de citer aussi *Rogeria adenophylla* J. Gay ex Delile, autre Pédaliacée annuelle dont la tige croît en hauteur tant qu'il existe des réserves d'eau dans le sable (sujets desséchés de 180 à 210 cm observés le 15 juillet 1961 dans la plaine d'Angrettaha, mais datant de l'année 1961, et sujets fleuris de 124 cm observés le 26 septembre 1964 à Tourbatoane).

Les hygrophytes des bas-fonds qui parfois prennent une grande ampleur sont moins révélateurs à cet égard, leur croissance étant sous la dépendance, dans une certaine mesure, de l'esu d'accumulation (*Cassia tora* L. de 60 cm à la mare Tebédé le 16 août 1964 et de 91 cm à Nohi Mahamé le 31 août 1958, *Brachiaria ramosa* (L.) Stapf de 115 cm à Nohi Chilio le 27 août 1958).

Le *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. est certainement le géant de la flore de l'Ennedi. Certains exemplaires, situés le long des grands ouadis (O. Arroué, O. Dougouro, O. Ohouka, O. Tourba) ou au fond de certaines gorges à proximité de grandes gueltas (guelta Kika, guelta Ely, guelta Diekouelé), culminent à plus de 20 mètres de hauteur. En raison de leur tronc très large à la base et surtout du réseau dense des branches épineuses, ils sont à l'abri de tout vandalisme.

Comme arbres de grande taille, citons certains *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. et Perr., en particulier certains spécimens de l'O. Dichina et quelques *Tamarindus indica* L..

IV. SPECTRE SYSTÉMATIQUE

Le spectre systématique fait ressortir l'originalité de la flore ennedienne : il met l'accent sur l'aspect tropical de la flore avec la présence d'éléments sabéliens soudanais et même soudano-guinéens; il souligne les influences sahariennes et éthiopiennes.

1° Spectre des familles

La flore de l'Ennedi se répartit en 79 familles d'Angiospermes, ce qui montre sa grande diversité.

Les principales familles sont les :

Graminées		96 espèces réparties en 52 genres
Légumineuses avec :		
Papilionacées	46	66 espèces réparties en 22 genres
Caesalpiniacées	9	
Mimosacées	11	
Cypéracées		33 espèces réparties en 9 genres
Composées		32 espèces réparties en 23 genres

(1) Citons à titre d'exemple ces pieds d'*Aristida stipoides* Lam. qui atteignaient le 20 septembre 1962 100 cm à Biti Erténé (1 050 m), ceux de *Cenchrus biflorus* Roxb. qui mesuraient 50 cm et ceux de *Cenchrus Prieurii* (Kunth) Maire qui faisaient 64 cm, ces derniers le long de l'O. Ouko sur la face Nord de l'Ennedi, le 14 septembre 1964.

Source : MNHN, Paris

Capparidacées	17 espèces réparties en 7 genres
Malvacées	16 espèces réparties en 7 genres
Convolvulacées et Euphorbiacées	14 espèces 7 (Euph.) 6 (Conv.)
Asclépiadacées	12 espèces réparties en 9 genres

La première place revient aux familles les plus différenciées (Graminées, Cypéracées, Légumineuses et Composées).

Le caractère érémitique est souligné par les Zygophyllacées (11 espèces) et les Crucifères (7 espèces).

Le caractère sahélien est bien mis en évidence par les Capparidacées, les Molluginacées (9 espèces comprenant la plus grande partie des Molluginacées de l'Afrique Tropicale), les Nyctaginacées (7 espèces).

Le caractère tropical humide (climat forestier) est souligné par un certain nombre de familles souvent représentées par une seule espèce : Myrtacées, Hippocrateacées, Sapindacées, Myrsinacées, Verhénacées, Apocynacées, Bignognacées.

Le caractère éthiopien apparaît par la diversité des Acanthacées (10 espèces).

Les familles qui sont représentées par une seule espèce sont les suivantes :

Ranunculacées (*Clematis hirsuta* Guill. et Perr.).
Nympheacées (*Nymphaea rufescens* Guill. et Perr.).
Résédacées (*Ochradenus baccatus* Del.).
Myrtacées [*Syzygium guineense* (Willd.) DC.]
Rosacées (*Neurada procumbens* L.).
Urticacées (*Forsskalea tenacissima* L.).
Hippocratéacées (*Hippocratea richardiana* Cambess.).
Salvadoracées (*Salvadora persica* L.).
Ampelidacées (*Cissus cymosa* Schum. et Thonn.).
Rutacées [*Haplophyllum tuberculatum* (Forssk.) Juss.].
Simarubacées (*Balanites aegyptiaca* (L.) Del.).
Sapindacées (*Cardiospermum halicacabum* L.).
Anacardiacées [*Lannea humilis* (Oliv.) Engl.].
Ombellifères [*Centella asiatica* (L.) Urh.].
Ebénacées (*Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. DC.).
Myrsinacées (*Maesa Schweinfurthii* Mez.).
Apocynacées (*Rauvolfia caffra* Sond.).
Lobéliacées (*Lobelia senegalensis* A. DC.).
Orobanchacées [*Cistanche phelypaea* (L.) Cout.].
Bignognacées (*Stereospermum kunthianum* Cham.).
Aponogétonacées (*Aponogeton subconjugatus* Schumach.).
Typhacées [*Typha angustifolia* L. var. *australis* (Schum. et Thonn.) Graehner].
Amaryllidacées (*Pancratium trianthum* Herbert).
Agavacées (*Sansevieria abyssinica* N.E. Br.).
Joncacées [*Juncus maritimus* Bak. var. *arabicus* (Asch. et Buchen.) Adans.]

Ces familles monospécifiques dans l'Ennedi groupent des plantes qui bien souvent sont hautement relictuelles.

2° Spectre des genres

La flore de l'Ennedi est distribuée en quelques 286 genres d'Angiospermes.

Les genres les plus importants sont les suivants :

Aristida	15 espèces
Cyperus	14 espèces
Eragrostis et Indigofera	11 espèces
Tephrosia	9 espèces
Acacia	8 espèces
Ipomoea	8 espèces
Cleome, Cassia, Crotalaria et Sporobolus	7 espèces
Fagonia, Boerhaavia, Hibiscus, Heliotropium et Fimbristylis	6 espèces

Source : MNHN, Paris

Ceci est en parfait accord avec la distribution des familles, et avec le caractère évolué des flores des grands espaces (Graminées, Cypéracées, Légumineuses). A ce point de vue la famille des Composées joue un rôle discret, en raison de sa diversification en un grand nombre de genres comptant chacun peu d'espèces.

Signalons aussi dans cet ordre d'idée les genres *Combretum* (avec 3 espèces), *Grewia* (avec 4 espèces), *Oldenlandia* (avec 4 espèces), *Vernonia* (avec 4 espèces, le genre le mieux représenté des Composées), *Ficus* (avec 4 espèces).

V. RÉVEIL DE LA VÉGÉTATION

Toute la végétation de l'Ennedi, sauf celle qui croit au voisinage des points d'eau permanents ou celle qui reste en relation par un système radiculaire puissant avec une nappe phréatique ou des sables humides, est en repos pendant la très longue saison sèche. Un seul facteur commande le réveil de la végétation : l'arrivée des pluies. Cependant quelques végétaux réagissent au simple passage d'une vague d'air humide.

1° Action du passage du F.I.T.

Il arrive, mais ce n'est pas la règle générale, que le front tropical fasse une avancée momentanée sur l'Ennedi en juin ou au début de juillet, puis se retire. Le degré hygrométrique monte de quelques unités, le ciel reste pur, et le soleil continue à briller comme si de rien n'était. Mais la chaleur devient un peu plus lourde, un peu plus étouffante. Quelques rares végétaux sont sensibles à cette légère augmentation d'humidité de l'air, parmi lesquels il convient de citer *l'Acacia mellifera* (Vahl) Benth. et surtout le *Tamarindus indica* L..

C'est ainsi que les 12 et 15 juillet 1959, alors qu'il n'avait pas encore plu, des *Acacia mellifera* fleuris ou partiellement en fleurs étaient observés à Titimé et sur le haut cours de l'O. Aoué. Le 18 juillet 1962 cette même espèce était, dans le même secteur, curieusement fleurie alors que toute la végétation arborée était en repos.

Le *Tamarindus* se couvre en juin d'un feuillage nouveau, vert et tendre qui tranche singulièrement dans le paysage sec et pelé. Tels étaient ces arbres observés le 12 juillet 1959 dans un thalweg près de l'O. Bourkouba et le 16 juillet 1962 sur le haut cours de l'O. Aoué.

L'hypothèse d'ondées localisées susceptibles de provoquer un écoulement partiel et de faire remonter, à distance, le niveau de certaines nappes phréatiques, pourrait être envisagée pour expliquer le verdissement des Tamariniers. Les Goranes de la palmeraie de Fada prétendent que le niveau de la nappe remonte avant les premières pluies.

Un fait demeure : dans les grandes plaines de l'Ennedi les *Acacia raddiana* Savi demeurent *semper virens* et leurs feuilles prennent une tonalité un peu plus verte avant l'arrivée des pluies, tandis que ceux vivant dans des rocailles et sur les sols peu épais sont caducifoliés.

2° Seuil de pluie

Il est difficile de préciser la quantité minimale de pluie susceptible de faire entrer la végétation en activité. Cela dépend de la nature du substrat. Une simple ondée de 1 ou 2 millimètres sur substrat rocheux suffit pour provoquer un écoulement le long de certaines lignes de ruissellement et pour faire démarrer quelques chaméphytes installés dans des fissures. C'est ainsi que le 12 juillet 1959 dans la montée qui conduit de la plaine d'Angrettaha au plateau Bourkouba, quelques touffes de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng., de *Chrysopogon Aucheri* var. *quinqueplumis* (A. Rich.) Stapf et quelques pieds d'*Indigofera suaveolens* Jaub. et Spach, de *Chascanum marrubiifolium* Fenzl ex Walp. et de *Gossypium somalense* (Gürke) J.B. Hutch. commençaient à déployer qeulques pousses vertes.

Sur le sable il semble que le seuil soit compris entre 5 et 10 millimètres. Une pluie isolée de 5 millimètres le 14 juillet 1958 à Fada n'a eu aucun effet sur la végétation annuelle. Le sable a été humidifié en surface et le soleil du lendemain lui a rendu sa siccité première. Mais, comme nous avons eu l'occasion de le dire en climatologie, les premières pluies sont presque toujours d'emblée les plus importantes. Elles se présentent sous forme d'une vague. Il pleut plusieurs jours de suite. Dans ces conditions le seuil est toujours très largement dépassé, et la quantité d'eau est suffisante pour faire démarrer l'ensemble de la végétation.

Source : MNHN, Paris

3° Seuils de sensibilité des graines et des bulbes

Contrairement à ce qu'il serait tentant d'admettre, toutes les graines d'une même espèct n'entrent pas en activité sous l'action de la même dose de pluie (1). Ainsi dans la zone d'épandage de Baïba (1 070 m) dans le Val Basso, le 10 août 1962, deux populations étagées de plantules d'*Achyranthes argentea* Lam. poussaient en mélangeà l'ombre d'un *Acacia raddiana* Savi; l'une comportait des plantules de 12 centimètres environ de hauteur qui provenaient de graines entrées en activité avec la première pluie du 20 juillet, et l'autre comportait des plantules de 6 centimètres de hauteur qui provenaient sûrement de graines activées par les pluies des 4 et 6 août. Ce fait a été mis en évidence parce que dans ce secteur la première pluie qui a été abondante a été suivie d'une période de 15 jours sans pluie. Mais c'est un évènement qui est loin de se reproduire tous les ans. En général les pluies sont étalées, les graines lèvent dans l'ordre de leur seuil et un peuplement monospécifique en pleine croissance est une réunion d'individus d'âges différents. Il apparaît un peu comme une mosaïque dont l'aspect est inhabituel pour un botaniste habitué aux vastes ensembles des régions soudanaises ou tempérées. Un peuplement sahélien ennedien est singulier, il se présente sous l'aspect d'un mélange d'individus prospères et chétifs, il montre des trouées où les pieds sont très distanta les uns des autres et des taches denses où les pieds sont à touche touche. Tels sont les groupements à *Cenchrus biflorus* de la vallée de l'O. Nohi (fin août 1958), tous les groupements sciaphiles et la plupart des faciès à plantes annuelles.

Les bulbes se comportent à ce point de vue comme les graines et la sortie échelonnée des premières feuilles de *Pancratium trianthum* Herbert, telle qu'elle fut notée les 27 (2) et 31 juillet 1959 à Kossomaba démontre bien leur sensibilité à différents seuils de pluie. En effet, dans la même cuvette de sable encastrée dans les rochers il était facile d'observer côte à côte, ce 31 juillet, d'une part les premiers *Pancratium* déjà repérés et des nouveaux venus aux tiges encore blanches sortis dans la nuit. Dans ces conditions, il est raisonnable d'admettre que les bulbes de l'Amaryllidacée n'ont pas réagi tous de la même manière à la première pluie, strictement locale d'ailleurs, du 21 juillet : certains sont entrés d'emblée en activité complète, d'autres d'abord en activité atténuée puis réveillés définitivement par l'abondante pluie du 29 juillet. Signalons que les bulbes étaient tous enfouis à peu près à la même profondeur.

La capacité qu'ont les graines et les bulbes de réagir à des seuils variables de pluie représente une adaptation précieuse au climat sahélien. Elle permet à la plante de rester présente sur le terrain sous forme d'éléments à vie ralentie, lorsque par exemple une première pluie n'est pas suivie d'autres suffisantes pour entretenir son complet développement.

De cette façon la pérennité des thérophytes et des géophytes à travers les années est assurée, même si les conditions climatiques deviennent très défavorables.

4° Délai entre la première pluie et les premières manifestations phénotypiques de la vie végétale

L'arrivée des pluies survenant après 10 à 11 mois de saison sèche commande la reprise de l'activité végétale. Nous avons vu que la quantité d'eau qui tombe lors de la première tornade est presque toujours très largement suffisante pour faire démarrer la totalité de la végétation. Aussi la métamorphose du paysage qui survient en cette période est-elle très spectaculaire. En quelques jours, les étendues désertiques de l'Ennedi deviennent des prairies couvertes d'une herbe dense.

Les délais des premières manifestations visibles varient quelque peu si l'on envisage l'ensemble des plantes pérennes ou bien les thérophytes.

a. *Plantes vivaces.*

— Verdissement.

Le verdissement des arbres à feuillage persistant et des rameaux assimilateurs de certaines Phanérophytes est quasi instantané. Dès le lendemain du jour de pluie le feuillage des

(1) Ces observations sont à rapprocher de celles de Went qui émet l'hypothèse de l'existence dans les graines de facteurs inhibiteurs de la germination. La dormance ne pourrait, selon cet auteur, être levée que si ceux-ci sont lessivés par une ou plusieur pluies, selon la plus ou moins grande hydrosolubilité du facteur.

(2) Voir p. 56.

Source : MNHN, Paris

Acacia raddiana Savi prend une tonalité verte, plus soutenue. Il en est de même pour celui du *Cadaba glandulosa* Forssk. ou du *Capparis galeata* Fresen, les rameaux des *Leptadenia pyrotechnica* (Forssk.) Decne., *Ochradenus baccatus* Del. passent du vert jaunâtre pâle au vert franc. La réaction chez certaines Graminées pérennes est tout aussi saisissante. Les gaines des *Panicum turgidum* Forssk. ou la base des chaumes des *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. verdissent en quarante-huit heures. Cela ne peut s'expliquer que par une synthèse rapide de chlorophylle dans les chloroplastes.

— Développement des bourgeons.

+ Réveil immédiat.

Le réveil des bourgeons dormants semble quasi immédiat chez un grand nombre de plantes vivaces et montre combien les chaméphytes sont adaptés au climat à saisons tranchées. De nombreuses observations viennent appuyer ces faits. Ainsi en 1959 le signal de départ est donné à Kossomaba par une première pluie le 29 juillet de 12,4 mm, renforcée par une pluie de 50,5 mm le 31 juillet. Le 31 juillet, soit quarante heures après la première pluie, les jeunes feuilles de *Ziziphus mauritiana* Lam. commencent à s'épanouir; des feuilles bien dégagées couvrent dès ce moment les rameaux de *Pavonia triloba* Guill. et Perr., de *Tephrosia leptostachya* DC.. Sur un pied de *Choscanum marrubiifolium* Fenzl ex Walp. un jeune rameau comportant 8 feuilles est déjà issu d'un bourgeon. Soixante-douze heures après, le 1er août, les jeunes feuilles d'*Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. et Perr. et de *Cordia Rothii* Roem. et Schult. commencent à se séparer dans le bourgeon, des feuilles vertes sortent des gaines de *Panicum turgidum* Forssk..

Le réveil des hémicryptophytes cespiteux est encore plus instantané : vingt-quatre heures après la première pluie, dans la même localité, des pointes vertes émergent déjà des coussinets de *Sporobolus pellucidus* Hochst. et des *S. nervosus* Hochst..

D'autres observations tendent à montrer que la rapidité du démarrage de la végétation pérenne dépend de l'intensité de l'impulsion donnée au départ. Ainsi en 1962 le démarrage dans la région de Fada résulte de deux pluies qui surviennent les 20 et 21 juillet et totalisent 23,4 millimètres. Il faut attendre le cinquième jour pour voir apparaître les premières petites feuilles sur les *Phyllanthus maderaspatensis* L. et sur les *Indigofera suaveolens* Jaub. et Spach, et encore ne sont-elles pas visibles sur tous les individus, [mais les *Gossypium somalense* (Gürke) J. B. Hutch. portaient déjà de jeunes pousses de 6 centimètres garnies de feuilles de 4,5 centimètres].

En 1964, les premières pluies se produisent les 15 juillet (5,6 mm), 16 (43,5 mm) et 18 (5,6 mm). Les résultats ne se font pas attendre. Le 19 juillet tous les *Sporobolus* vivaces et les *Kyllinga triceps* (Rottb.) Endl. verdissent, des jeunes pousses de *Tephrosia uniflora* Pers. atteignent 9,5 centimètres de longueur, et les jeunes feuilles d'*Aerva javanica* (Burm. f.) Juss. ex Schult. 4,2 centimètres.

Différents facteurs jouent. Le principal est la quantité d'eau reçue au départ. Le facteur spécifique intervient aussi. Certaines plantes sont un peu plus précoces que d'autres. Le record de croissance semble détenu par les lianes vivaces. Citons une première pousse de *Coccinia grandis* (L.) J. O. Voigt (1959) mesurant 30 centimètres, vingt-quatre heures après son apparition, une seconde observée sur un autre pied atteignant 113 centimètres, le 31 juillet 1962 (pluie le 20 juillet).

De toute façon la plupart des plantes vivaces, grâce à leurs bourgeons tout prêts à se mettre en activité, montrent au départ une avance très nette sur les thérophytes.

+ Réveil retardé.

Quelques chaméphytes et phanérophytes ne suivent pas la règle générale et n'entrent en activité visible qu'un certain nombre de jours après les premières pluies. D'une manière générale les végétaux psammophiles sont plus précoces que les rupicoles, probablement parce que le substrat « sable » retient beaucoup mieux l'eau que le substrat « éboulis ou rocailles accumulées » si fréquent dans l'Ennedi — sur lequel l'eau s'écoule.

Voici quelques exemples précis. En 1959 c'est seulement le septième jour après la première pluie que le débourrement des *Commiphora africana* (A. Rich.) Engl. se produit. En 1962, un délai de cinq jours s'écoule entre la première pluie et l'éclosion des bourgeons de *Solanum albicaule* Kotschy ex Dunal et de *Barleria acanthoides* Vahl (25 juillet); il est de

Source : MNHN, Paris

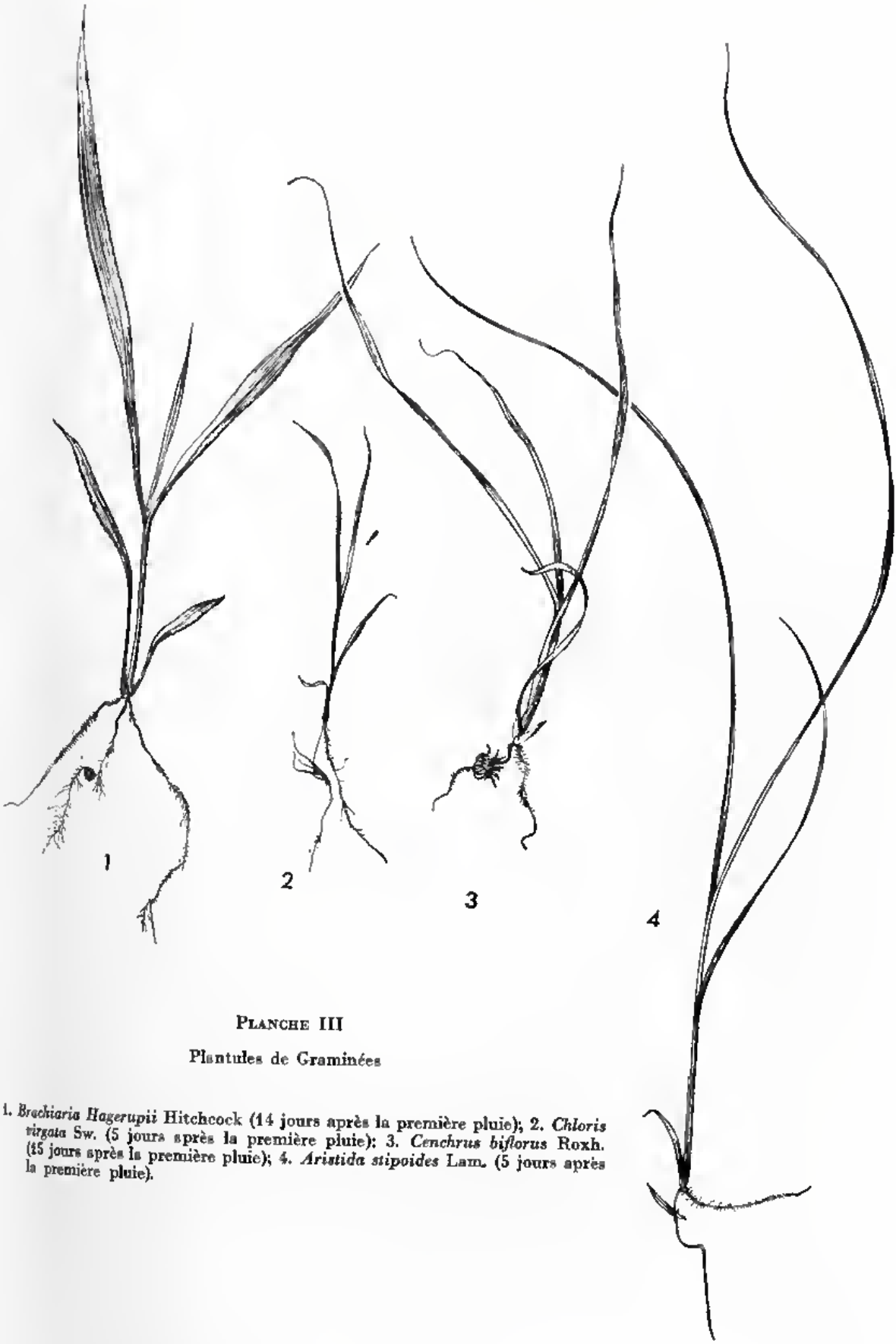


PLANCHE III

Plantules de Graminées

1. *Brachiaria Hagerupii* Hitchcock (14 jours après la première pluie); 2. *Chloris virgata* Sw. (5 jours après la première pluie); 3. *Cenchrus biflorus* Roxb. (15 jours après la première pluie); 4. *Aristida stipoides* Lam. (5 jours après la première pluie).

Source : MNHN, Paris

sept jours pour ceux de *Vernonia cinerascens* Schultz Bip. et *V. Aschersonii* Schultz Bip.. Certains hémicryptophytes à innovations intravaginales [*Cyperus conglomeratus* Rottb., *Aristida pallida* Steud., *Latipes senegalensis* Kunth, *Sporobolus helvolus* (Trin.) Dur. et Schinz.] démarrent avec quelque retard, peut-être parce qu'un certain temps est nécessaire aux bourgeons pour se frayer un chemin à travers les écailles et les gaines de protection qui les recouvrent.

b. *Thérophytes.*

Les graines des thérophytes plus ou moins recouvertes du sable amassé par le vent durant la longue saison sèche ne sont pas sensibles à l'augmentation de l'humidité de l'air. Le passage du F.I.T. n'a jamais provoqué, à notre connaissance, de germination. Pour que celle-ci ait lieu, il est nécessaire que le sol soit saturé d'humidité pendant plus de vingt-quatre heures par une pluie importante.

A chacune de nos missions des observations ont été faites pour essayer de déterminer le délai qui s'écoule entre la première pluie et l'apparition des premières plantules. Ce délai est variable suivant les espèces. Il y a lieu de distinguer :

— Des espèces très précoces dont les plantules apparaissent dans la troisième nuit qui suit la première tornade. Ce sont par exemple *Tribulus terrestris* L., *Mollugo cerviana* (L.) Seringe. Il est curieux et remarquable de constater que d'une part ce laps de temps est à peu près constant et se retrouve chaque année, et que d'autre part la première apparition à l'air libre des toutes jeunes plantules a lieu la nuit.

Par exemple le 23 juillet 1962, au lever du soleil on pouvait voir les petites feuilles cotylédonaires des *Tribulus terrestris* L. sorties du sable, tandis que la veille au soir celui-ci était nu. Le même phénomène était observé le 18 juillet 1964.

— Des espèces précoces qui apparaissent les quatrième et cinquième nuits. Elles sont toutes très abondamment représentées dans l'Ennedi. Le tableau suivant résume la situation :

Espèces	Délais d'apparition en nombre de jours		
	1959	1962	1964
Aristida mutabilis Trin. & Rupr.	4	4	4
Aristida adscensionis L.	4	4	4
Brachiaria Hagerupii Hitchcock	–	–	4
Cenchrus biflorus Roxb.	4	4	4
Aristida stipoides Lam.	5	5	–
Cassia tora L.	4	–	–
Ipomoea sinensis (Desr.) Choisy	4	–	–
Crotalaria podocarpa DC.	5	–	–
Borreria compacta (Hochst.) K. Schum.	–	4	–
Blepharis persica (Burm. f.) O. Ktze.	–	4	4

Pour une espèce donnée le délai d'apparition semble donc rigoureusement constant d'une année sur l'autre. Pour les plantes des vases humides le facteur essentiel semble être la durée de l'inondation : il importe peu que l'eau provienne d'une pluie directe ou des crues. Ainsi dans la zone d'épandage de l'O. Chili (Mortcha), les plantules d'*Aeschynomene indica* L. sont sorties en masse dans les flaques en voie d'assèchement pendant la nuit du 1er au 2 août 1965, alors que l'eau n'est arrivée sur les lieux que le 28 juillet vers midi : cinq jours à peine ont suffi. D'autres plantules de la même espèce sont apparues les jours suivants dans les flaques plus importantes au fur et à mesure de la diminution du niveau de l'eau par évaporation.

— Des espèces qui pourraient être qualifiées de « normales », apparaissent entre les cinquième et dixième jours. Il s'agit en quelque sorte d'une deuxième vague de plantes dont les unes ont besoin pour se développer d'une humidité bien assurée (plantes à affinités Sud-sahéliennes), et dont les autres ont des graines à téguments durs qui doivent être ramollis

Source : MNHN, Paris

par une humidité assez prolongée (cas des Légumineuses). Ces plantes à démarrage un peu tardif constitueront souvent une strate moyenne ou basse. Parmi les plantes les plus communes citons *Monsonia senegalensis* Guill. et Perr., la plupart des *Indigofera* (*I. sessiliflora* DC., *I. viscosa* Lam., *I. aspera* Perr. ex DC., *I. astragalina* DC.), *Tephrosia purpurea* (L.) Pers. var. *pubescens* Bak., toutes les Convolvulacées annuelles, les *Boerhaavia*, *Gynandropsis gynandra* (L.) Briq., *Bidens pilosa* L., etc. Dans cette rubrique se range également la plupart des plantes plurisaisonnières qui ont la faculté, à chaque saison des pluies, de démarrer à la fois sous forme de bourgeons portés et sous forme de plantules [*Tephrosia nubica* (Boiss.) Bak., etc.].

— Des espèces tardives dont l'apparition est échelonnée au cours de la saison des pluies. Certaines semblent attendre la fin de la période de grande humidité, comme ces quelques Crucifères : *Farsetia ramosissima* Hochst. ex Fourn., *Morettia canescens* Boiss., *Schouwia Schimperi* Jaub. et Spach; d'autres se développent sur les vases après le retrait des eaux comme *Sphaeranthus angustifolius* DC., *Elytrophorus spicatus* (Willd.) A. Camus ou *Epaltes alata* (Sond.) Steetz, *Heliotropium supinum* L., *Polygonum plebeium* R. Br., etc.

Les plantes de rocailles ne germent, semble-t-il, qu'après plusieurs pluies. Leur présence ou leur absence, ainsi que l'importance de leur développement, sont d'excellents tests pour apprécier l'importance de la saison des pluies : telles sont *Rumex vesicarius* L., *Indigofera disjuncta* Gillett, *Aristida hirtigluma* Steud. ex Trin. & Rupr., *Anticharis glandulosa* Aschers., *Cleome scaposa* DC., parmi les principales.

VI. PHÉNOLOGIE FLORALE

1° Importance de l'appareil florifère

La période favorable à la croissance végétale est, nous l'avons vu, très mesurée dans l'Ennedi (de l'ordre de 5 à 8 semaines tout au plus), si bien que les plantes ne disposent que d'un temps très limité pour atteindre le but suprême propre à tout être vivant : assurer sa reproduction, c'est-à-dire fleurir et fructifier. La nature tropicale est généreuse, la nature sahélienne plus que tout autre. Sur les 526 espèces de la flore ennedienne, toutes sauf trois [une Géophyte *Urginea indica* (Roxb.) Kunth et deux Phanérophytes] ont été observées à l'état fleuri ou fructifié. La vision de plantes stériles telles que celles qu'on rencontre dans les pays tempérés (*Tulipa silvestris*, *Allium ursinum*, rosettes de plantes bisannuelles, *Carex Halleri*, *Acorus calamus*, etc.) est rarissime en zone sahélienne. Toute plante porte, au moment de son développement optimum, un appareil reproducteur très largement visible. La découverte d'étendues fleuries à perte de vue dans ces régions où toute végétation semble absente pendant une grande partie de l'année est certainement l'un des spectacles les plus surprenants que la nature puisse offrir au naturaliste. Telles sont ces visions enchanteresses données par « les champs » aux fleurs immaculées de *Pancratium trianthum* Herbert garnissant les berges de l'ouadi Bachikélé, le 18 août 1959, ou par les steppes argentées sous les plumets ondulants des *Aristida papposa* Trin. et Rupr. comme celles au Sud de la mare de Soboro, le 29 août 1962, ou par les rocailles toute ponctuées de bleu et de violet par les capitules des *Vernonia cinerascens* Schultz Bip. et des *Vernonia Aschersonii* Schultz Bip. telles qu'elles se présentaient le 13 septembre 1958 près de l'O. Guirkaké sur le plateau Erdebé, ou encore par ces prairies constellées de jaune d'or par les inflorescences dressées des *Crotalaria podocarpa* DC. de la zone aval de l'ouadi Michero, telle qu'elles pouvaient être admirées le 10 septembre 1964. Nous arrêtons là ces exemples car nous n'en finirions pas de les citer, tant est grande la diversité de la flore et des paysages ennediens.

L'importance prise par l'appareil florifère tient essentiellement à la brièveté de la période favorable pendant laquelle il peut s'épanouir. Les plantes sont obligées de se livrer à une véritable course de vitesse pour former leurs graines. C'est une question de vie ou de mort pour les 41 % de la flore constituée par les thérophytes, sans compter les plurisaisonnières (8 %) qui passent obligatoirement à intervalles assez rapprochés par le stade graine.

Cette importance est sans doute aussi l'expression d'une loi générale de la Biologie selon laquelle les êtres vivants sont amenés à augmenter leur taux de reproduction quand les conditions deviennent difficiles. Tel est le cas des plantes de l'Ennedi qui pendant dix mois de l'année doivent survivre : elles se mettent à fleurir abondamment dans les courts moments où elles peuvent le faire.

Source : MNHN, Paris

2° Calendrier floral

Bien que la poussée végétale soit déclenchée par l'arrivée des pluies, chaque espèce végétale conserve sa propre physiologie et en particulier son propre rythme de floraison. Grâce à nos observations portant sur cinq années différentes, donc sur cinq saisons des pluies, chacune ayant ses caractéristiques, un calendrier floral a pu être établi.

a. *Les phanérophytes.*

— Phanérophytes fleurissant hors saison.

La floraison de la plupart des phanérophytes a lieu pendant la saison des pluies, mais quelques-uns — tous d'ailleurs d'origine soudanienne et relictuels dans l'Ennedi — fleurissent en saison sèche ou en saison fraîche, conservant ainsi le rythme qu'ils ont encore à l'heure actuelle dans leur aire normale. Ces arbres sont confinés sur des espaces très restreints et ne doivent leur survivance qu'à la présence dans leur voisinage immédiat de sources permanentes à fort débit. Tel est le cas des *Rauvolfia caffra* Sond. de la gorge de Bachikélé (observé en fruit, la 19 juillet 1958), des *Adina microcephala* (Del.) Hiern des gorges de Bachikélé, de Kohoué, Maya, Kordi Galé, Attela, Kouro, Kennemena dont la floraison semble s'étendre sur une grande partie de la saison sèche.

Les *Syzygium guineense* (Willd.) DC. de la gorge Maya doivent également obéir à ce rythme car à chacune de nos observations portant sur trois années différentes (1957-1959-1962) l'arbre a toujours été trouvé à l'état stérile (il fleurit en janvier dans le Nord de la République Centrafricaine). L'arbre fleurit obligatoirement car de jeunes plantules de l'année ont été vues à plusieurs reprises (12 octobre 1959, 22 septembre 1962). Il doit en être de même des *Stereospermum kunthianum* Cham. toujours observés à l'état végétatif (ils fleurissent en décembre dans le Sud Tchad) bien qu'aucune preuve de leur floraison n'ait pu être fournie par la présence de jeunes sujets; l'arbre dans toutes ses stations semble se maintenir uniquement par drageonnement. Le *Vitex doniana* Sweet de Bachikélé toujours observé à l'état végétatif est un cas semblable.

Les *Combretum gallabatense* Schweinf. et *C. reticulatum* Fresen fleurissent sûrement en saison sèche car tous les deux ont été trouvés porteurs de semences desséchées au début de la saison des pluies.

Cette floraison serait post-hivernale et synchrone de la remontée de la température après les froids de l'hiver : elle se produirait alors, malgré la différence de latitude, à la même époque que celle constatée chez ces mêmes espèces dans la zone soudanienne : aussi peut-on penser raisonnablement qu'il régnait autrefois sur l'Ennedi, du temps où cette flore avait sa pleine extension, un climat peu différent du climat soudanien actuel.

— Phanérophytes à floraison précoce.

Nous avons déjà vu que le passage du F.I.T. est susceptible de faire fleurir les *Acacia mellifera* (Vahl) Benth. et les *Tamarindus indica* L. avant les pluies. Mais le phénomène ne se produit pas tous les ans. La floraison n'est en général pas très favorable pour l'espèce car les fleurs se flétrissent alors très rapidement et tombent, sans qu'il y ait eu fécondation (action de la sécheresse, manque d'insectes pollinisateurs).

+ Cas de l'*Acacia mellifera* (Vahl) Benth.

Le plus souvent à l'approche de la saison des pluies les bourgeons à fleurs entrent en activité ralentie et éclosent dès les premières pluies. Le surlendemain de la première pluie, les *Acacia mellifera* (Vahl) Benth. se transforment en d'imposants bouquets blancs parfumés attirant une foule d'insectes (*Pachnoda*, *Rhabdotis*, Diptères et Hyménoptères). Le 1er août 1959 au lever du jour, le spectacle de milliers d'*Acacia*, véritable boules de fleurs, parsemant les hauts plateaux de l'Ennedi, était extraordinaire.

En altitude, il est de règle que la floraison précède la feuillaison. Mais, si la première pluie n'est précédée d'aucune invasion d'air humide, ces deux phénomènes sont alors concomitants et l'arbre se couvre en même temps d'épis floraux et de jeunes feuilles (1962). Toutefois, certains individus, en particulier ceux installés dans les plaines sablonneuses, se comportent régulièrement de cette façon.

+ Cas de l'*Acacia laeta* R. Br. ex Benth.

Très proche botaniquement de l'*Acacia mellifera* (Vahl) Benth., l'*Acacia laeta* R. Br. ex Benth., dont les épis floraux ont exactement le même aspect, s'en distingue physio-

Source : MNHN, Paris

logiquement par une floraison de quelques jours, plus tardive. Ainsi en 1959, le 5 août les *Acacia laeta* commençaient à fleurir, alors que les *Acacia mellifera* se trouvaient en fin de floraison. Sa pleine floraison intervient en général 7 à 8 jours après la première pluie.

Année	Date de la 1re pluie	Pleine floraisn l'*Acacia laeta* R. Br. ex Benth.	Lieu
1959	29 juillet	5 août	Tegouli
1962	20 juillet	28 juillet	Biti Erténé
1964	15 juillet	22–23 juillet	O. Tarchia

Il porte en même temps des fleurs et des jeunes feuilles.

Il serait cependant imprudent de considérer comme impérative la règle précédente car les dates de floraison dépendent aussi de conditions climatiques locales. Dans certains cas une double floraison peut se produire. Ainsi le 4 août 1962 en plein centre de l'Ennedi (Koubé Basso, à 1.008 m d'altitude) les *Acacia laeta* R. Br. ex Benth. portaient à la fois des jeunes fruits et des fleurs. Dès lors il paraît fort probable qu'une première pluie locale (ou une simple augmentation de la psychrométrie) ait provoqué une floraison partielle et que la floraison véritable se soit produite à la suite des pluies importantes survenues dans la région les 25 et 26 juillet.

\+ Autres phanéropbytes.

Certains arbres réagissent très vite aux premières ondées et se couvrent de fleurs au tout début de la saison des pluies. Tel est le cas du *Combretum aculeatum* Vent. qui avec ses rameaux chargés de fleurs blanches subtilement teintées de rose en leur centre évoque quelque peu l'amandier (observation du 19 juillet 1957 entre Ito et Bir Berdoba). Tel est le cas aussi, mais moins nettement, des *Grewia tenax* (Forssk.) Fiori, *Grewia flavescens* Juss. dont les fleurs et les jeunes feuilles s'épanouissent simultanément (observés tous les deux en fleurs le 10 août 1957 au rocher Guilikorou et le 14 août 1965 à l'O. Erbé) et du *Cordia Rothii* Roem. et Schult. (27 juillet 1962 à l'O. Erbé).

— Phanéropbytes fleurissant en fin de saison des pluies.

\+ Phanéropbytes des berges des ouadis.

Le plus grand nombre des phanérophytes de l'Ennedi se parent tout d'abord de leurs feuilles puis se mettent à fleurir quand ils se trouvent à l'apogée de leur vitalité. On assiste en général à une véritable synchronisation entre le moment où les conditions de croissance sont les plus favorables et l'épanouissement floral. Ceci a lieu en fin de saison des pluies. Tous ces arbres, dont la plupart vivent fixés sur les berges des ouadis d'altitude du centre Ennedi, sont en équilibre avec le milieu.

Voici une liste d'observations à ce sujet, correspondant pour beaucoup à des récoltes, ou à des photographies en couleurs :

Espèces	Date de pleine floraison	Lieu
Dichrostachys glomerata (Forssk.) Chiov.	30-VIII-1957	O. Guerria
Grewia bicolor Juss.	30-VIII-1957	O. Somoro
Grewia bicolor Juss.	30-VIII-1962	Bechiboué
Lantana salvifolia Jacq. subsp. *nepetaefolia* B. de Miré et Gillet	29-VIII-1957	O. Guerria
Lantana salvifolia Jacq. subsp. *nepetaefolia* B. de Miré et Gillet	30-VIII-1962	Béchiboué
Albizia sericocephala Benth.	31-VIII-1957	O. Guerria
Zizyphus mauritiana Lam.	3-IX-1958	O. Kanoë
Zizyphus mauritiana Lam.	24-IX-1962	O. Tourba
Randia nilotica Stapf	4-IX-1962	O. Ousaké
Diospyros mespiliformis Hochst. ex A. DC.	4-IX-1957	O. Basso

Source : MNHN, Paris

+ Phanérophytes des mares d'hivernage.

Ces arbres entrent en activité avec la mise en eau des mares, et ils y demeurent tant que l'eau subsiste. Ils connaissent donc une période de repos un peu moins longue que les autres phanérophytes. Leur floraison ne commence guère avant le début de septembre et se prolonge jusqu'en octobre. Tels sont les *Acacia scorpioides* (L.) W.F. Wight var. *nilotica* (L.) A. Chev. (12 septembre, mare de Damas) et *Acacia seyal* Del..

— Phanérophytes à floraison tardive.

Quelques phanérophytes ne fleurissent qu'au début de la saison sèche, alors que les autres végétaux entrent en phase de repos. Leur floraison est régulière et varie très peu en intensité et en durée d'une année à l'autre. Il est permis de se demander si elle n'est pas facilitée par la fraîcheur nocturne qui commence à être sensible à cette époque de l'année. En tout cas les fleurs s'épanouissent avant le lever du jour et se flétrissent avec la chaleur.

Deux sont à feuilles coriaces et persistantes : *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir. et *Boscia angustifolia* A. Rich.. Un autre est caducifolié : *Acacia senegal* (L.) Willd. (O. Ely, 16 octobre 1964).

Un cas aberrant est celui du *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. qui perd ses feuilles au tout début de la saison des pluies, acquiert un feuillage nouveau et fleurit avec le retour définitif de la sécheresse, en octobre (O. Ely, 16 octobre 1964, O. Ohouka, 4 octobre 1965). R. Portères pense que l'entrée en repos de l'arbre dépendrait de réactions d'oxydo-réduction qui se feraient au niveau des racines à l'arrivée des pluies. Il semble selon nous que l'arbre obéisse à un certain cycle lié au cycle annuel du soleil car des crues hors saisons, comme il s'en produit quelquefois dans l'Ennedi (pluies de mai), sont sans effet sur lui.

Certains arbres soudaniens caducifoliés, dont la vie active dans leur aire actuelle s'étend sur une saison des pluies de quatre à cinq mois, trouvent dans l'Ennedi le long de certains ouadis, au lit marqué de mares résiduelles, des conditions sensiblement analogues. Ils fleurissent tout comme s'ils se trouvaient dans leur aire normale (fin septembre). Tels sont par exemple ces *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. et Perr. rencontrés fleuris le 23 septembre 1964 le long de l'O. Erdébéché, et ces *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst. observés le même jour Chez cette Caesalpiniacée il était frappant de constater la fragilité des fleurs qui tombaient au moindre contact. Il semble que sur le plan végétatif ces arbres relictuels soient encore placés dans des conditions acceptables, mais qu'ils ne le soient plus sur le plan de la reproduction par suite de l'arrivée brutale de l'air sec empêchant la fécondation des fleurs. Effectivement les *Piliostigma* sont très rarement porteurs de fruits (1) [une seule observation dans l'Ennedi, Kossomaba, 24 juillet 1959].

— Phanérophytes à floraison prolongée.

L'Acacia raddiana Savi se distingue de tous les autres *Acacia* par sa floraison qui s'étend sur une longue période. L'arbre porte pendant une grande partie de l'année des boutons floraux, des fleurs épanouies et des fruits à tous les stades. L'arrivée des pluies et le début de la saison sèche déterminent un regain de floraison. Les fleurs mellifères de petite taille, mais très nombreuses, attirent les insectes. Il est certain que ce pouvoir de donner des fleurs, et par là des fruits, à tout moment a beaucoup contribué à la diffusion de l'arbre à travers l'Ennedi. L'*Acacia raddiana* est de très loin l'arbre à la fois le plus abondant et le plus répandu (observé en fleurs à toute époque, en particulier le 27 juillet 1955 dans l'Ennedi, et en novembre 1955 dans le Kori du poste d'Agadès).

b. *Plantes basses.*

Si paradoxal que cela puisse paraître, les thérophytes et géophytes de l'Ennedi ont un tempérament d'hygrophytes. Elles ne peuvent se développer et plus spécialement fleurir que dans une ambiance humide. Or une telle ambiance a une durée fort limitée de sorte que, bien que la germination soit quelque peu échelonnée, on assiste à une floraison massive en fin de saison des pluies, c'est-à-dire dans la deuxième quinzaine d'août, correspondant à l'épiaison de la plupart des Graminées annuelles.

(1) Il est certain que la dioécie du *Piliostigma* est un caractère désavantageux lorsque l'arbre se trouve à la limite de son aire.

Source : MNHN, Paris

Cependant cette floraison explosive est précédée de celle des thérophytes à cycle court et suivie par celles des Légumineuses dont l'appareil végétatif à feuillage aux folioles entremêlées exige un certain délai pour se constituer.

— Thérophytes à cycle court et à floraison précoce et avec possibilité d'une floraison étalée.

Ces plantes ont en commun la propriété de démarrer très peu de temps après les premières pluies et de fleurir très rapidement. Mais une distinction s'impose immédiatement. Les unes continuent à fleurir et à s'accroître tant que les conditions restent favorables tandis que les autres ne portent qu'une seule hampe florifère qui, une fois fécondée, se flétrit irrémédiablement. Les premières pourraient être en quelque sorte qualifiées d'« annuelles longifleuries » (à floraison prolongée) : sur un même pied il peut y avoir à la fois des boutons, des fleurs épanouies, et des fruits en formation. Les secondes pourraient être qualifiées d'« annuelles brévifleuries » (à floraison brève) : sur un même pied toutes les fleurs sont au même stade d'évolution.

Dans les cas d'année déficitaire les plantes à cycle court du premier groupe arrêtent rapidement leur développement et leur floraison; dans le cas contraire elles poursuivent leur floraison en émettant des rameaux nouveaux fleuris, tant que les conditions s'y prêtent. Parmi ces plantes à floraison précoce mais susceptible de se prolonger, citons : *Mollugo cerviana* (L.) Seringe, *Giesekia pharnacioides* L., *Monsonia senegalensis* Guill. et Perr., *Limeum pterocarpum* (Gay) Heimerl, *Limeum viscosum* (Gay) Fenzl et à titre moindre *Tribulus bimucronatus* Viv..

— Géophytes bulbeux.

Les réserves alimentaires immédiatement mobilisables et utilisables des géophytes à bulbe leur permettent un démarrage rapide et une floraison précoce. Une douzaine de jours après les premières pluies dans les plaines sablonneuses, l'avance des *Dipcadi longifolium* Bak. sur l'ensemble de la végétation et leur floraison généralisée sont telles qu'on croirait avoir affaire à un faciès spécial de la Liliacée. L'observateur traverse alors de vastes étendues où cette plante paraît dominante (comme par exemple la plaine de Tooué Honi le 28 juillet 1964), chaque pied portant sur la hampe florale un nombre variable de fleurs compris entre 6 et 13. Il en est de même, bien qu'un peu plus tardive, de la floraison du *Cyperus bulbosus* Vahl.

Voici le relevé de quelques dates de floraison :

Espèces	Date	Localité	Nombre de jours écoulés après la 1re pluie
Dipcadi longifolium Bak.....	10-8-1957	Plaine de Guilikorou	14
— —	12-8-1957	Plaine Bamena	16
— —	2-8-1958	Tourba Anaguelli	7 (pluie locale antérieure)
— —	28-7-1964	Tooué Honi	13
Pancratium trianthum Herbert	11-8-1957	Plaine Somoro	15
— —	8-8-1959	Plaine Nohi	10
— —	31-7-1964	Plaine Aloba	15
— —	17-8-1957	O. Bachikélé	21
Cyperus bulbosus Vahl.....	16-8-1959	Plaine Bachikélé	18
— —	Août 1965	O. Erbé	–

— Plantes fleurissant au moment de l'optimum de floraison.

Presque chaque année pendant une courte période, l'Ennedi revêt un aspect riant et verdoyant tout à fait inattendu pour l'observateur qui se figure se trouver en pays sub-désertique. Le voyageur foule alors des prairies denses où l'herbe arrive à la hauteur du genou. Il

Source : MNHN, Paris

lui est difficile d'approcher des arbres tant sous leur couvert la végétation est haute et drue. Il laisse derrière lui la marque de son passage par un sillage d'herbes couchées. Des fleurs blanches, roses ou jaunes décorent partout le tapis graminéen. Ne serait-ce la chaleur et l'humidité, l'on se croirait davantage dans quelque herbage médio-européen plutôt qu'au Sud Sahara. Cette période de plein épanouissement est limitée en durée — de 10 à 15 jours en moyenne — et commence une vingtaine de jours environ après le début des premières grandes pluies. Cette période correspond à l'optimum de floraison. Elle est marquée par l'épiaison généralisée de nombreuses Graminées. La floraison de certaines espèces a tellement de répercussion sur le paysage ennedien qu'il nous paraît justifié d'examiner de plus près ce problème.

+ Floraison de *Gynandropsis gynandra* (L.) Briq.

Cette Capparidacée est une plante à croissance rapide. Elle exige de grandes quantités d'eau pour atteindre son développement normal, surtout au début de la saison des pluies. Il y a des années où le *Gynandropsis* joue un rôle majeur dans le paysage (1958-1962-1964) et des années où il est presque totalement absent et réduit à des rosettes (1957-1965).

Voici quelques observations de phénologie florale à son sujet :

Localité	Début de floraison	Plein épanouissement floral
Nohi Chilio.....	14-VIII-1958	18 au 28-VIII-1958
Plaine Aloba	5-VIII-1962	vers le 20-VIII-1962
Tebédé	3-VIII-1964	vers le 16-VIII-1964

La période du plein épanouissement varie suivant les années, en fonction de la précocité des pluies; un délai de l'ordre d'un mois est nécessaire à la plante pour y arriver.

+ Floraison des nanohémicryptophytes cespiteux subrosettés.

Certaines de ces plantes comme les *Sporobolus nervosus* Hochst. et *Sporobolus pellucidus* Hochst. sont si abondants et si apparents au moment de leur floraison qu'ils communiquent alors au paysage dans lequel ils se trouvent une note particulière.

Voici quelques observations correspondant à la pleine floraison de ces deux Graminées :

Espèce	Date	Localité
Sporobolus nervosus Hochst.....	31-VIII-1957	O. Somoro
	13-VIII-1962	Tokomichi
	27-VIII-1962	Kehei
	15-VIII-1964	Tebédé
Sporobolus pellucidus Hochst.....	21-VIII-1957	Bachikélé
	20-VIII-1958	O. Baaba
	22-VIII-1958	Dépression d'Offro
	27-VIII-1962	Entre O. Brou et Kehei
	15-VIII-1964	Tebédé

Toutes ces dates sont concordantes et s'inscrivent dans la deuxième quinzaine d'août : au début quand l'année est précoce (1964), à la fin en année normale.

+ Épiaison du *Cenchrus biflorus* Roxh. et des thérophytes graminéens.

La montée en épi du cram-cram est un phénomène très facilement repérable, étant donné l'abondance de la Graminée présente presque partout, même en dehors des plaines sablonneuses. Elle a lieu à la fin du mois d'août.

26 au 30 août 1958.....	O. Nohi
26 août 1959.....	Sebé
26 août 1962.....	O. Brou

Source : MNHN, Paris

La deuxième quinzaine d'août correspond à l'époque où les prairies temporaires de l'Ennedi sont à l'apogée de leur floraison. De nombreuses Graminées étalent alors leurs épillets. Citons parmi les plus représentatives :

Espèces	Dates	Localités	Hauteur en cm
Chloris virgata Sw.	3-IX-1957	O. Brou	
	18 au 25-VIII-1962	Mare Gourka	28 à 35
	18-VIII-1964	O. Korrou	32
Dactyloctenium aegyptium (L.) Beauv.	24-VIII-1957	Plaine Bachikélé	28
	17-VIII-1962	Mare Gourka	25
	23-VIII-1962	Bodhoué	31
Eragrostis porosa Nees	19-VIII-1957	Bachikélé	
	24-VIII-1958	O. Erdi	
	26-VIII-1962	O. Brou	
	8-VIII-1964	Chignita	
	15-VIII-1964	Tebédé	

Aristida mutabilis Trin. et Rupr. a été observé en pleine anthèse le 28-VIII-1962.

+ Floraison de *Chascanum marrubiifolium* Fenzl ex Walp.

La floraison de cette Verbénacée, dont les fleurs d'un blanc pur sont échelonnées le long d'un épi bien dégagé, ne passe pas inaperçue. La corolle est fragile et tombe rapidement au pied de la plante mère. En pleine saison de floraison il n'est pas rare d'apercevoir le sol parsemé de petits macules blancs au voisinage de la plante. Ce phénomène se produit seulement pendant quelques jours de l'année.

Voici quelques dates enregistrées :	Localités
20-VIII-1958	Baaba
25-VIII-1958	Baaba
2-IX-1959	Keheï
24-VIII-1962	O. Brou

Elles correspondent réellement au plein épanouissement de la végétation qui chaque année, à quinze jours près, a lieu aux mêmes dates.

— Floraison annonçant la fin de la saison des pluies.

Vers la fin du mois d'août l'Ennedi prend un visage nouveau. Les plaines et les regs se couvrent des plumets de l'*Aristida papposa* Trin. et Rupr., ce qui est du plus bel effet surtout lorsqu'ils ondulent sous le vent. Les autochtones ne s'y trompent pas. Ils savent bien que la fin de la saison des pluies approche. Encore peut-être une tornade et désormais il ne pleuvra plus avant dix mois et demi, disent-ils.

		Nombre de jours après la première pluie
4-IX-1959	Plateau Ortobi	37
29-VIII-1962	Plaine au Sud de la Mare Ortobi	40

En se fiant à cette méthode de mesure biologique on s'aperçoit alors que la saison des pluies aurait duré en 1959 de l'ordre de 37 à 40 jours et en 1962 de 40 à 43 jours, ce qui est en parfait accord avec les faits.

— Plantes fleurissant en début de saison sèche.

Sitôt la saison des pluies terminée, les conditions écologiques restent encore extrêmement favorables pour la floraison : les réserves d'eau du sol sont à leur maximum, l'humidité ambiante — surtout en fin de nuit — est encore élevée, le soleil brille en permanence. C'est le moment où les rocailles de l'Ennedi se couvrent de fleurs multicolores.

+ Plantes des rocailles.

La poussée de floraison, telle qu'elle se produit dans les rocailles, surtout à partir de la cote 1000 mètres, au début de septembre est l'un des phénomènes biologiques les plus extra-

Source MNHN, Paris

ordinaires que l'on puisse observer dans les massifs Sud sahariens. Comment un observateur non averti pourrait-il imaginer que des brindilles à l'aspect si modeste puissent émettre le moment venu des fleurs aux tons de pastel aussi délicats et en aussi grande quantité? Il y a là un certain mystère.

Parmi les rupicoles alticoles citons : *Vernonia cinerascens* Schultz Bip., *Vernonia Aschersonii* Schultz Bip., *Achyrocline luzuloides* Vatke, *Barleria Hochstetteri* Nees, *Svensonia laeta* (Fenzl) Moldenke, *Lavandula coronopifolia* Poir., etc.

Voici certaines dates de pleine floraison enregistrées au cours de nos missions :

Espèces	Dates	Localités
Vernonia cinerascens Schultz Bip.....	12-IX-1957	Koroni
	7-IX-1958	Ravin Kehei
	4-IX-1962	Nord Togosso
Vernonia Aschersonii Schultz Bip.....	13-IX-1957	près Guelta Koroni
	13-IX-1958	O. Guirkaké
	23-IX-1964	Platesu Koboué
Barleria Hochstetteri Nees.....	8-IX-1958	Kehei
	13-IX-1958	O. Guirkaké
	12-IX-1959	O. Meyer
	23-IX-1959	Kennemena
	21-IX-1964	Plateau Attakou

Il est facile de constater que les fluctuations de la floraison sont hesucoup plus amorties pour les plantes à floraison tardive que pour les plantes à floraison précoce. Quelle que soit la date de la première grande pluie, les plantes de septembre fleurissent chaque année à peu près à la même époque. Elles sont hesucoup plus sensihles à l'effet cumulatif des pluies qu'à l'effet de pluies indivíduelles.

┼ Thérophytes des regs pierreux.

Les plantes des regs de pierres ou de cailloux fleurissent presque toutes après la fin des pluies. Elles vivent sur un suhstrat pauvre, pratiquement dépourvus d'humus. Aussi leur appareil végétatif est-il réduit et chétif, et les feuilles sont petites ou filiformes. Il semble que la loi du tout ou rien s'applique à leur développement. Ou bien il pleut assez pour qu'elles démarrent, fleurissent et fructifient; ou hien les pluies sont insuffisantes et elles ne lèvent pas. Elles sont, selon les années, abondantes ou inexistantes. Telles sont : *Indigofera disjuncta* Gillett, *Geigeria alata* (DC.) Oliv. et Hiern, *Indigofera cordifolia* Heyne ex Roth ainsi que *Eragrostis elegantissima* Chiov., *Schizachyrium exile* (Hochst.) Stapf, *Elyonurus elegans* Kunth. *Aristida rhiniochloa* Hochst..

Voici quelques précisions sur leur période de floraison :

Espèces	Dates	Localités
Indigofera disjuncta Gillett....	2-X-1959	entre Tourhatoane et Ely
	10-IX-1962	entre O. Toutou et O. Dichina
	11-IX-1964	Plateau au-dessus O. Michero
	13-IX-1964	Ouro Galé
Indigofera cordifolia Heyne ex Roth.....	17-IX-1957	Sud plateau Tourkou
	21-IX-1964	Plateau Attakou
Elyonurus elegans Kunth.....	15-IX-1957	Nord Koubé Basso
	13-IX-1958	Guirkaké
	18-IX-1964	Falaise Kordi
	20-IX-1964	Kordi Attakou

La floraison et le plein état de la plante se placent ici nettement dans la deuxième quinzaine de septembre.

Source : MNHN, Paris

+ Plantes des zones limoneuses.

Les plantes qui poussent sur les sols à éléments fins ne sont en pleine vigueur qu'après la fin des pluies. Vivant sur un sol non squelettique et disposant d'éléments nutritifs, elles échafaudent un appareil végétatif ramifié à grande surface foliaire, les fleurs se concentrant soit à l'aisselle des feuilles, soit aux sommités des rameaux principaux. Comme les fleurs sont les derniers éléments à s'épanouir, il n'y a rien d'étonnant à ce que ces plantes soient à floraison tardive. Ces plantes appartiennent à certaines familles dont les principales sont les Légumineuses, les Composées et les Convolvulacées.

• Cas des Légumineuses à folioles larges.

Quelques espèces de Papilionacées et de Caesalpiniacées à affinités Sud-sahéliennes arrivent à constituer localement des peuplements d'une certaine importance. Ce sont des plantes à croissance assez lente, fleurissant tant que la teneur en eau du sol est suffisante pour maintenir la plante en état, c'est-à-dire pendant tout le mois de septembre et une partie du mois d'octobre, la Légumineuse portant alors à la fois des fleurs et des gousses. La floraison présente un étalement d'autant plus long que la saison a été plus pluvieuse. Obéissent à ce rythme : *Cassia tora* L., *Crotalaria podocarpa* DC., *Crotalaria senegalensis* (Pers.) Bacle ex DC.

Voici quelques exemples observés :

Espèces	Dates	Localités
Cassia tora L.	1-IX-1958	Nohi Mahamé
— —	10-IX-1964	Michero
Crotalaria podocarpa DC.	10-IX-1964	zone aval Michero
Crotalaria senegalensis (Pers.) Bacle ex DC.	14-IX-1957	Dépression Djokolo
— —	12-IX-1958	Sud-Est mare Damas
— —	19-IX-1964	Kordi Galé

• Cas des Composées.

Quelques Composées, également Sud-sahéliennes, arrivent certaines années à former des peuplements compacts qui ne fleurissent qu'en septembre. Leurs fleurs en grappes terminales entourées de bractées attirent peu le regard (sauf celles de *Vernonia pauciflora* (Willd.) Less. d'un beau bleu d'azur). Citons *Sclerocarpus africanus* Jacq. ex Murr., *Blainvillea gayana* Cass. dont voici quelques références :

Espèces	Dates	Localités
Sclerocarpus africanus Jacq. ex Murr.	14-IX-1957	Djokolo
Blainvillea gayana Cass.	19-IX-1958	Soboro
	25-IX-1959	Biti Merdili
Vernonia pauciflora (Willd.) Less.	12-IX-1957	Près guelta Koroni
— —	19-IX-1958	Soboro
— —	22-IX-1958	Biti Kebeï
— —	11-IX-1959	Trainée N. Togosso
— —	20-IX-1962	Biti Kataedaekiélé
— —	23-IX-1964	O. Erdébécbé

L'optimum de floraison semble bien se placer autour du 15 septembre. Il varie peu d'une année à l'autre.

• Cas des Convolvulacées.

Les zones limoneuses conviennent parfaitement aux Convolvulacées, bien à l'aise quand elles peuvent s'implanter ou se faufiler dans une végétation ambiante fournie. Il y a lieu de distinguer :

— Des Convolvulacées non volubiles comme *Astripomoea lachnosperma* (Choisy) Meeuse, dont les fleurs en grappes terminales apparaissent tardivement.

14-IX-1957..... Djokolo
12-IX-1958..... environs mare Damas

Source : MNHN, Paris

— Des Convolvulacées volubiles dont la croissance et l'émission de nouvelles fleurs à l'aisselle des jeunes feuilles se poursuivent tant que le sol est suffisamment humide :

Ipomoea coscinosperma Hochst. ex Choisy.....	25-IX-1958	Bodhoué
	22-IX-1959	Tourkou
	27-IX-1964	O. Elly
Ipomoea Aitonii Lindl.....	1-IX-1958	Nohi Mahamé
	5-IX-1959	Ortohi
Merremia aegyptiaca (L.) Urban.....	1-IX-1958	Nohi Mahamé
	22-IX-1959	Tourkou
	5-IX-1964	O. Orocheb

+ Plantes de milieux divers.

De nombreuses plantes fleurissent en début de saison sèche. Ce sont plus particulièrement celles dont l'activité n'est pas interrompue par l'arrivée de l'air sec et qui continuent à végéter un certain temps après. Citons parmi les plus fréquentes :

Tephrosia nubica (Boiss.) Bak.....	25-VIII-1962	O. Brou
	11-IX-1964	Plateau Michero
Morettia canescens Boiss.....	30-VIII-1957	Nord Ennedi
	9-IX-1959	Plateau Mezeur Kri
	11-IX-1959	Nord Togosso
	5-IX-1962	Plateau Tellebourbou
	19-IX-1962	Nord Biti Kataedaekiélé
	28-IX-1962	Biti
	21-IX-1964	Attakou
Seddera latifolia Steud. et Hochst.....	23-IX-1964	Plateau Erdébéché

Ces plantes sont parfaitement adaptées au rythme de vie du pays. Elles ont en commun la propriété de former des fleurs dont l'épanouissement est échelonné et de fournir beaucoup de graines. Quoi qu'il arrive elles produisent chaque année des semences, pourvu qu'elles reçoivent au moins une grosse pluie.

— Plantes à floraison tardive.

+ Plantes de l'Ennedi rocheux (à floraison tardive).

Certaines plantes de l'Ennedi épanouissent leurs fleurs quelques semaines après le début de la saison sèche; elles apparaissent alors à un moment où la siccité de l'air est grande; leur durée est très limitée, à peine quelques heures. Ces plantes sont rares. La plus remarquable est certainement *Barleria acanthoides* Vahl dont le tube de la corolle d'un blanc pur atteint 8 centimètres de longueur. La période de floraison est très limitée et les fleurs d'un même pied apparaissent l'une après l'autre. Voici quelques observations :

Barleria acanthoides Vahl.....	1-X-1957	Plateau d'Aoué
	8-X-1959	Plateau Bourkouba
	21-IX-1964	Plateau Attakou
	24-IX-1964	Platesu Djorma

L'avance du calendrier floral, spéciale à l'année 1964 en raison de la précocité des pluies, se retrouve dans la floraison du *Barleria*.

Mentionnons également dans cette catégorie *Peristrophe bicalyculata* (Retz.) Nees dont les petites corolles roses à deux lèvres se succèdent en haut de la tige longtemps après les pluies, et deux plantes à développement végétatif réellement tardif, voire hivernal : *Schouwia Schimperi* Jaub. & Spach et *Trichodesma africanum* (L.) Lehm., ce dernier ayant été observé en début de floraison le 31 octobre 1958 à quelques kilomètres au Nord de l'O. Ohouka.

+ plantes des fonds de mares desséchées (à floraison tardive et prolongée).

Chaque année avec les pluies, de grandes mares se remplissent d'eau. Les unes — comme celles des hauts plateaux — sont alimentées directement par endorhéisme. Les autres — comme celles de l'Ouadi N'Kaola, dans la dépression du Mourdi au Nord du Massif — sont approvisionnées par les crues des ouadis du versant Nord de l'Ennedi. Les unes et les autres mettent un certain temps à s'évaporer. Au fur et à mesure du retrait des eaux apparaît toute une florule spécialisée composée de thérophytes.

Source : MNHN, Paris

1° Mares endorhéiques.

Ces mares à fond très plat s'assèchent rapidement. Les espèces se répartissent sur le pourtour de la mare et fleurissent dès septembre. Citons :

Polygonum plebeium R. Br.	12-IX-1958	Mare Damas
Scirpus praelongatus Poir.	18-IX-1958	Mareau N.-O. de Damas
	25-IX-1959	Biti Kourtadié
Elytrophorus spicatus (Willd.) A. Camus	14-IX-1958	Mare au N.-O. de Damas
	26-IX-1959	Biti Kourtadié

et aussi deux Composées aromatiques :

Sphaeranthus angustifolius DC.	17-IX-1957	Guelta Tourkou
	10-IX-1958	Ortobi
	26- X-1958	Bir Sultane
	22-IX-1962	Gorge Maya
Epaltes alata (Sond.) Steetz	14-IX-1957	Val Basso
	26-IX-1959	Biti Kourtadié

2° Zone d'épandage de l'O. N'Kaola.

Les plantes se trouvent sur le fond des mares et lèvent au fur et à mesure que les eaux se retirent. Leur floraison est donc plus tardive; elle est aussi prolongée, car elle se poursuit jusqu'au dessèchement complet de la plante qui peut n'intervenir qu'en janvier par exemple.

Coronopus niloticus (Del.) Spreng.	25-IX-1957	Bagada
	15- X-1958	Bagada
Verbena dalloniana Quezel	24-IX-1957	Bagada
Cyperus michelianus (L.) Link	16- X-1958	Bagada
	29- X-1958	Guelta Mouhoro

— Plantes à floraison quasi continue.

Ce n'est pas l'un des moindres privilèges de l'Ennedi que de posséder, dispersés dans tout le Massif, des points d'eau permanents. La plupart sont alimentés par des sources qui ne tarissent jamais, même en cas d'absence de pluie. Dans leur voisinage toute une végétation paludicole à base de Cypéracées y est solidement implantée.

Dans d'autres cas, le long des biefs de certains ouadis, le sable reste constamment humide en profondeur. Cela suffit pour que certaines plantes végètent et fleurissent d'une manière continue.

+ voisinage des sources.

Le voisinage des sources par leur aspect verdoyant contraste toujours singulièrement, surtout en saison sèche, avec l'aridité ambiante. On y trouve, sur des bourrelets constamment baignés par l'eau, tout un lot de plantes comprenant des individus porteurs en permanence de fleurs fraîches, de fleurs fanées et de fruits. Paradoxalement, la saison défavorable est la saison des pluies en raison des crues : les eaux déferlent, submergeant les bourrelets et emportant toute plante qui n'est pas solidement fixée.

Parmi les espèces les plus constantes, signalons *Blumea perrottetiana* DC., *Scoparia dulcis* L., *Utricularia gibba* L. subsp. *exoleta* (R. Br.) P. Tayl. et tout un cortège de Cypéracées : *Cyperus haspan* L., *Eleocharis caribaea* (Rottb.) Blake, *Fuirena umbellata* Rottb., *Pycreus Mundtii* Nees. Il semble que ces plantes prennent une vigueur nouvelle après les crues, c'est-à-dire juste après la période défavorable ce qui serait en quelque sorte une réaction aux effets traumatiques.

+ biefs humides.

Les biefs sont toujours installés en amont d'un seuil rocheux qui retient l'inferoflux. Le sable qui offre au contact de l'air une surface évaporante est cependant maintenu sans cesse humide en profondeur, et les racines se développent dans un milieu presque saturé.

Certaines plantes, normalement indigènes des plages limoneuses, s'accommodent de ces conditions et fleurissent toute l'année. Ont été ainsi trouvées en fleurs, en juillet 1959 le long de l'Ouadi Maya, des annuelles comme : *Vahlia dichotoma* (Murr.) O. Ktze., *Grangea maderaspatana* (L.) Poir., *Epaltes alata* (Sond.) Steetz, *Pulicaria crispa* (Forssk.) Oliv. et des pérennes comme *Aristolochia bracteata* Retz., *Pluchea ovalis* (Pers.) DC. et *Bergia*

Source : MNHN, Paris

suffruticosa (Del.) Fenzl. Ainsi des thérophytes, si un approvisionnement régulier en eau leur est assuré toute l'année, arrivent à traverser la période défavorable tout en continuant à végéter et à fleurir. Dans le cas présent cependant, leur durée de vie est limitée, car immanquablement ils sont balayés par le flot tumultueux des crues. Les pérennes sont installées sur les rives.

— Plantes fleurissant en saison sèche.

Il peut arriver, avec beaucoup de chance, qu'un observateur parcourant l'Ennedi en plein hiver ou au début du printemps découvre, sortant directement du sable — mais au voisinage de végétaux ligneux — une belle hampe florale jaune non chlorophyllienne. C'est l'inflorescence d'une plante dont l'appareil végétatif est hypogé : *Cistanche phelypaea* (L.) Cout.. Trois observations sont rapportées à ce sujet :

2 octobre 1952 (en fleur?) Fada par CARVALHO
14 octobre 1959 (en bouton) Bimenara par moi-même
Fin janvier 1965 (en fleur) Archeï par GUYE

Il est possible également que quelques plantes à affinité saharienne fleurissent en hiver : *Atractylis aristata* Battandier, *Salsola baryosma* (Schult.) Dandy et *Cornulaca monacantha* Del..

3° HORLOGE FLORALE (1)

L'ouverture des fleurs est certainement l'un des spectacles les plus fascinants qu'un ami de la nature puisse admirer. Celles de l'Ennedi n'échappent pas à la loi générale selon laquelle chaque espèce de Phanérogame épanouit ses fleurs selon des règles propres à chacune d'elle. Aussi n'avons-nous pas manqué, à chaque fois que l'occasion se présentait, de noter les heures où les fleurs déploient leur corolle et de dresser l'horloge florale — chère à LINNÉ — de l'Ennedi, avec toutes les restrictions que de telles indications comportent.

Il nous paraît bien imprudent de définir une horloge florale sans préciser en même temps les facteurs météorologiques tels que l'humidité, la température, la lumière, tous facteurs qui contrôlent normalement les mécanismes de cinétique florale. Ce rapprochement semble d'autant plus justifié que l'immense majorité des plantes fleurissent pendant la saison des pluies, c'est-à-dire à une époque où les variations quotidiennes de l'hygrométrie sont les plus importantes. Il convient cependant de noter que de nombreuses plantes étalent leurs pièces colorées toujours à peu près aux mêmes heures de la journée, à condition que la teneur de l'air en humidité dépasse un certain seuil.

a. *Floraison nocturne.*

La floraison en pleine nuit semble une manifestation tout à fait adaptée aux zones subdésertiques; elle permet aux phénomènes biologiques de se produire à un moment où les conditions sont les plus favorables, c'est-à-dire au minimum de température et au maximum d'humidité, vers 3 heures du matin (deux heures avant le lever du soleil).

Celle-ci peut être constatée sur les fleurs éphémères comme celles de l'*Acacia mellifera* (Vahl) Benth. (2), ou du *Pancratium trianthum* Herbert.

La floraison nocturne est certainement un phénomène plus répandu que le nombre restreint de nos observations peut le laisser supposer. Il est vraisemblable que beaucoup de corolles s'ouvrent en l'absence de toute lumière solaire et que le facteur responsable est avant tout le degré hygrométrique. De nombreuses fleurs n'ont été trouvées épanouies en plein jour qu'exceptionnellement [*Aptosimum pumilum* (Hochst.) Benth., *Limeum viscosum* (Gay) Fenzl, *Farsetia aegyptiaca* Turra, *Farsetia ramosissima* Hochst. ex Fourn., les *Boerhaavia*, *Phyllanthus*, *Requienia obcordata* (Lam. ex Poir.) DC., *Rothia hirsuta* (Guill. et Perr.) Bak., *Oldenlandia strumosa* A. (Rich.) Hiern]; normalement ces espèces ne portent le jour que des fleurs flétries (ou en houtons).

b. *Floraison nocturne élargie* (de la tombée du jour au lever du jour suivant).

Quelques fleurs à la corolle particulièrement délicate et fragile n'apparaissent qu'en fin de journée, au moment où le rayonnement du soleil s'estompe, et présentent immanquable-

(1) Toutes les heures sont indiquées en heure locale qui au Tchad correspond à l'heure française (G.M.T. + une heure).

(2) Combien grande fut ma surprise en m'éveillant (le 2 août 1959 à Kossomaba) au petit jour, de voir que les *Acacia mellifera* (Vahl) Benth. du voisinage étaient transformés en de magnifiques bouquets blancs, alors que la veille au soir ils avaient encore un aspect tout dépouillé, habituel en saison sèche.

Source : MNHN, Paris

ment les signes de flétrissement le lendemain matin dès qu'elles reçoivent les premiers rayons du soleil.

Telle est la longue fleur tubulaire donnée par *Barleria acanthoides* Vahl qui fut observée à différentes reprises dans les conditions suivantes :

Date	Heure	Localité
8- X-1959	18 h 30	Bourkouba
21-IX-1964	6 h	Plateau Attakou Koboué
24-IX-1964	18 h	Djorma

Les rares fois où la fleur fut repérée en dehors de ces heures, ce ne le fut que sous forme d'un tube corollin gisant fané au pied de la plante.

Les fleurs du très commun *Gynandropsis gynandra* (L.) Briq. obéissent à un rythme semblable. Elles entrent en turgescence en étalant leurs pétales, et en allongeant les étamines et le style gynobasique dès que le disque du soleil touche l'horizon; elles restent ouvertes toute la nuit et se fanent le lendemain dès qu'elles sont frappées par les rayons du soleil.

Voici quelques observations faites à leur sujet :

Date	Heure	Localité	Psychrométrie
			%
17-8-1958.....	6 h 30	Am Diguine	–
3-8-1964.....	18 h	Plaine au pied du mont Aloba	48,3
15-8-1964.....	18 h	Tebédé	37,1
15-9-1964.....	17 h 45 à 18 h 45	O. Birré, visitées par de nombreux Sphynx	21,8

c. *Floraison matinale.*

Tous les botanistes herborisant savent bien que les excursions sont beaucoup plus fructueuses le matin que l'après-midi. Il en est de même sous les tropiques où les premières heures de la matinée voient éclore une foule de fleurs. Mais dans les régions subdésertiques la chaleur méridienne est telle que la majorité des fleurs n'attendent pas midi pour se fermer.

La floraison matinale est en saison des pluies placée sous l'influence directe de l'humidité, si bien que les plus belles matinées fleuries sont observées un lendemain de grande pluie quand le sol est encore tout imprégné d'eau ou encore pendant les matinées couvertes où le soleil ne se montre pas.

Il convient de distinguer les fleurs qui sont fermées à l'aube et qui ne s'ouvrent que lorsqu'elles sont touchées par les premiers rayons du soleil, de celles qui s'ouvrent vers 3 heures du matin et de celles dont l'éclosion est réellement nocturne.

— Floraison en début de matinée.

Déjà au Fezzan, l'attention de Ch. Kilian avait été attirée « par les mouvements réguliers de la fleur de *Zygophyllum simplex* L. dont le calice commence à s'ouvrir dès qu'il est éclairé par le soleil levant » (Paul Jaeger, La vie étrange des fleurs). Pareille observation fut faite par nous-même à plusieurs reprises, en particulier sur les berges de l'O. Bir Sultane, le 13 septembre 1964. Il semble d'ailleurs que les différentes espèces de la famille des Zygophyllacées possèdent le même comportement. Ainsi, à maintes reprises les fleurs de *Tribulus bimucronatus* Viv. sont observées closes à 6 h 30 du matin (à Am Diguine le 17 août 1958, à Tebédé le 15 août 1964) mais épanouies à 7 h (Tebédé le 16 août 1964, O. Korrou le 18 août 1964). C'est également l'heure que choisissent les Convolvulacées volubiles pour étaler leur corolle infundibuliforme : *Merremia aegyptiaca* (L.) Urban, *Ipomoea sinensis* (Desr.) Choisy, *Ipomoea Aitonii* Lindl., mais si ces corolles restent épanouies jusque vers 12-13 heures, celles du *Convolvulus microphyllus* Sieb. ex Spreng. qui se montrent au début de la saison sèche, se referment dès 9 h 30-10 heures. Les fleurs de l'*Ipomoea repens* Lam. sont irrémédiablement fermées à 11 heures.

Source : MNHN, Paris

La Géraniacée *Monsonia senegalensis* Guill. et Perr. obéit à un rythme semblable (ouverture vers 7 h 30, fermeture vers 11 h 30).

Pour ces catégories de fleurs qui s'ouvrent sensiblement à la même heure, comme tendent à le démontrer les observations portant sur plusieurs années, il semble que la cinétique florale soit commandée essentiellement par les variations de l'intensité lumineuse (thermonastie). La température, toujours supérieure au seuil critique, et la psychrométrie interviennent apparemment peu puisque les mouvements sont exécutés de la même façon, aussi bien en saison des pluies qu'en début de saison sèche. L'action du soleil est d'ailleurs absolument manifeste puisque toutes ces fleurs suivent l'astre dans son déplacement, en orientant leur axe dans le sens des rayons lumineux.

— Floraison dans le courant de la matinée.

La plus grande partie des plantes de l'Ennedi sont des plantes héliophiles, hygrophiles, thermophiles, ce qui limite singulièrement, d'une part la période de l'année, d'autre part le nombre d'heures où l'épanouissement floral est possible.

Au cours de chaque saison des pluies, et en général aux environs du 15 août, quelques matinées couvertes s'intercalent parmi les journées ensoleillées. Le soleil n'apparaît que sous forme d'une grande tache blanche voilée, une brise fraîche et humide souffle en permanence du Sud-Ouest, il fait délicieusement bon. Alors entre 8 heures et 11 heures les plaines sablonneuses se transforment en parterres fleuris, les pentes rocailleuses d'altitude en jardins alpins. La floraison bat son plein. De nombreuses fleurs appartenant à des plantes très communes n'ont été observées que dans ces conditions : *Indigofera sessiliflora* DC., *Giesekia pharnacioides* L. *Evolvulus alsinoides* (L.) L., *Aptosimum pumilum* (Hochst.) Benth., *Borreria compacta* (Hochst.) K. Schum., *Boerhaavia repens* L., *Boerhaavia viscosa* Lag. et Rodr., *Portulaca oleracea* L., *Cleome monophylla* L., *Polygala erioptera* DC., *Polygala obtusata* Auct., *Limeum viscosum* (Gay) Fenzl, *Trianthema pentandra* L., *Cyamopsis senegalensis* Guill. et Perr., *Indigofera Hochstetteri* Bak., *Bidens minuta* B. de Miré et Gillet etc. Telles furent les matinées de 15 et 21 août 1959, 18, 25, 26 août 1962, 8 et 12 août 1964. Ces plantes ont en commun d'appartenir à la strate la plus basse et se trouvent ainsi plus longtemps que les autres au contact de l'air surchauffé : il est normal que leurs fleurs ne s'ouvrent de jour que pendant les rares moments où le rayonnement du soleil est atténué par la nébulosité.

Le facteur prépondérant qui détermine l'épanouissement floral de toutes ces plantes est sûrement le degré hygrométrique de l'air. Certaines de ces fleurs ont en effet été observées ouvertes en pleine nuit et parfois même le jour, mais seulement lorsque les conditions hygrométriques correspondent aux valeurs normalement relevées en fin de nuit ou pendant les matinées ci-dessus définies. La cinétique florale est donc surtout déterminée par l'hygrométrie.

Voici à titre d'exemple les variations de température et d'humidité mesurées le 18 août 1962 près de la mare de Gourka (altitude 1 130 m), journée où fut observé l'épanouissement des fleurs d'*Aptosimum pumilum* (Hochst.) Benth. et de deux Malvacées *Hibiscus rhabdotospermus* Carcke et *Pavonia arabica* Steud. et Hochst. ex Boiss..

Heure	Température	Humidité
6 h 15	21,7°	76,2 %
8 h 10	23,5°	75,0 %
8 h 15	24,0°	— (1)
8 h 20	23,6°	—
8 h 40	23,3°	—
8 h 45	23,4°	—
9 h	22,8°	—
9 h 15	22,3°	—
9 h 30	20,1°	85,5 %
9 h 43	19,9°	—
10 h 45	23,9°	—
10 h 50	23,3°	68,2 %
11 h 45	24,5°	59,7 %
14 h 35	27,2°	50,5 %
18 h 10	25,7°	50,0 %

(1) Pourcentage non mesuré.

Source : MNHN, Paris

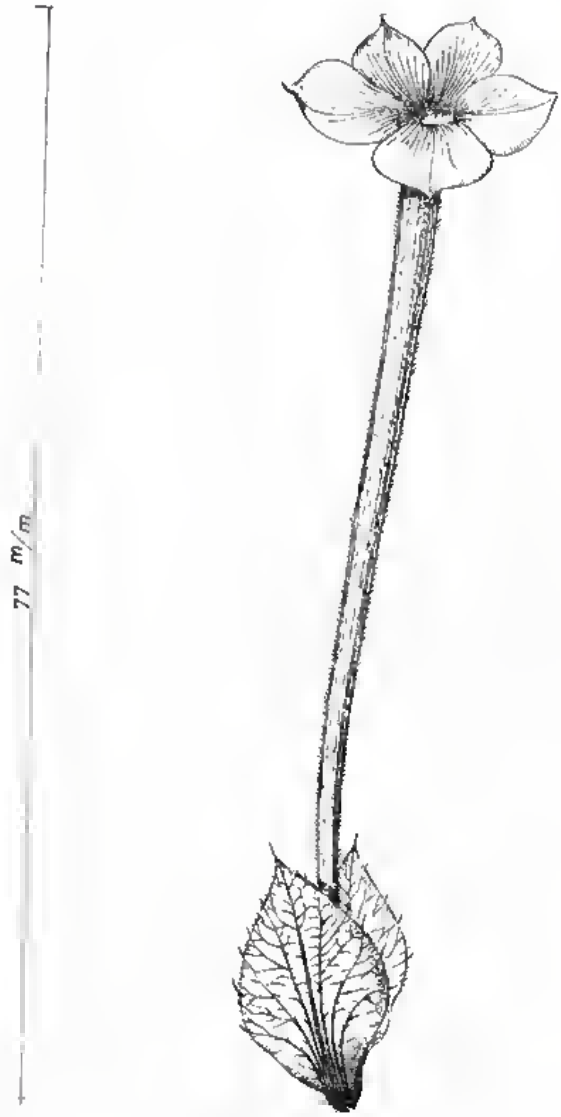


PLANCHE IV

La longue et délicate corolle de *Barleria acanthoides* Vahl ne s'épanouit que la nuit et aux heures de faible éclairement. Elle ne dure guère plus de 10 heures

Source : MNHN, Paris

La nature est en quelque sorte sur une aire donnée un immense champ d'expériences à les principales variables qui interfèrent sont l'humidité, la lumière, la température. Il suffit de faire porter les observations sur un certain nombre d'années pour dégager la part qui revient à chacun des facteurs.

— Floraison en fin de matinée.

L'observation journalière montre que sous les tropiques une trêve générale intervient avec les heures chaudes. La chaleur est intense, les fleurs se ferment, les animaux somnolent. Il existe cependant quelques espèces qui font exception à la règle et qui étalent leurs corolles en plein midi, mais avec cette restriction que ceci n'a lieu qu'en saison des pluies. Citons deux Malvacées : *Hibiscus rhabdotospermus* Garcke dont la corolle jaune d'un pourpre foncé au centre ne s'ouvre qu'entre 10 heures et 15 heures (observations près de la mare de Gourka, 16 et 17 août 1962) et *Pavonia arabica* Steud. et Hochst. ex Boiss., dont la grande fleur ne se déploie qu'entre 10 h 30 et 12 heures. Dans les deux cas il semble que le facteur agissant soit la verticalité des rayons lumineux car, dans l'intervalle de temps considéré, l'humidité de l'air reste pratiquement constante (mais assez élevée).

d. *Floraison pendant l'après-midi.*

Assez curieux et pourtant contrôlé par de nombreuses observations réparties sur plusieurs années est l'épanouissement de certaines fleurs à partir du moment où le soleil a parcouru les trois quarts de sa course, c'est-à-dire à partir de 15 heures. Ces fleurs dans l'Ennedi appartiennent à quatre familles : Malvacées, Sterculiacées, Tiliacées et Papilionacées.

Voici quelques exemples :

Espèces	Heure d'observation à l'état épanoui	Date	Lieu
Tephrosia nubica (Boiss.) Bak.....	16 h	11-9-1959	Entre Togosso et Tellebourbou
— —	16 h 30	25-8-1962	O. Brou
— —	16 h	28-8-1964	Entre Keheï et Sohoro
— —	15 h 45	4-9-1964	O. Orocheb
— —	16 h	11-9-1964	Banquette de l'O. Michero
Abutilon fruticosum Guill. et Perr..	16 h 30	1-9-1959	Nohi Mahamé
— — ..	16 h	15-8-1964	Tebédé
Sida grewioides Guill. & Perr.....	14 h 45	22-8-1958	Dépression d'Offro
— —	15 h 30	20-9-1964	Plateau Attakou
— —	15 h 30	14-8-1965	O. Erbé
Melhania Denhamii R. Br. et *Melhania gradibracteata* K. Schuns.	entre 15 h-16 h	16-9-1962 / 22-9-1964	À 8 km à l'est du gouffre de Koboué
Melhania grandibracteata K Schuns.	16 h	15-8-1964	Tebédé
Rhynchosia memnonia (Del.) DC..	16 h	15-8-1964	Tebédé
Corchorus antichorus Raeuschel.....	16 h	11-9-1959	Tellebourbou

Les autres espèces de *Rhynchosia* de l'Ennedi, notamment *Rhynchosia sublobata* (Schum. et Thonn.) Meikle, suivent le même rythme.

Il est difficile à première vue de saisir les causes qui déterminent ces fleurs à s'épanouir l'après-midi plutôt que le matin, alors que les conditions d'éclairement, d'humidité et de température sont peu différentes. Il est digne d'intérêt cependant de remarquer que toutes les fleurs (sauf celles du *Tephrosia nubica* (Boiss.) Bak. et encore l'ouverture de cette Papilionacée est-elle amorcée dès le matin) sont d'un même ton jaune [d'un jaune pâle rappelant celui de la fleur du Bouillon blanc (*Verbascum Thapsus* L.)]. Comme les rayons du soleil de la fin de journée sont plus riches en radiations jaunes que ceux du matin, il est permis de penser que l'épanouissement de ces fleurs pourrait dépendre de la qualité du rayonnement solaire.

Source : MNHN, Paris

e. *Floraison continue ou sans horaire fixe.*

Certaines fleurs sont de très mauvaises indicatrices pour l'horloge florale en ce sens qu'elles restent ouvertes d'une manière continue ou qu'elles sont susceptibles d'étaler leurs pièces colorées à n'importe quelle heure de la journée, pourvu que les conditions météorologiques soient favorables.

Ce lot de fleurs groupe principalement les capitules de Composées tubuliflores comme ceux de *Vernonia Aschersonii* Schultz Bip. et de *V. cinerascens* Schultz Bip. dont les fleurs tubulaires d'un bleu violacé sont visibles pendant l'époque de floraison à toute heure du jour (tels ces 22 et 23 septembre 1964 sur le plateau Koboué) ou ceux de *Pegolettia senegalensis* Cass..

Il convient ici de placer aussi quelques fleurs qui ne semblent nullement incommodées par la chaleur méridienne comme celles du *Blepharis persica* (Burm. f.) O. Ktze., *Linaria Bentii* Skan ou *Salvia aegyptiaca* L.. Ces espèces à fleurs persistantes sont assurées d'un taux de fécondation élevé.

f. *Cas des Graminées.*

L'éclosion de l'épillet graminéen avec la sortie de stigmates veloutés ou barbus et l'allongement des filets staminaux est tellement spécialisée qu'elle justifie une rubrique spéciale. On comprend que l'épanchement d'organes aussi fragiles soit grandement influencé par les facteurs atmospbériques et ne puisse être réalisé qu'aux premières ou aux dernières heures du jour.

Il est également frappant de constater sur une aire donnée l'éclosion simultsnée de nombreuses espèces pendant les quelques matinées où l'absence de soleil et une brise légère assurent, par une température variant de 21 à 25°, une constante hygrométrique élevée. Il semble bien, comme le pense d'ailleurs KERNER, que les Graminées soient capables d'attendre plusieurs jours que l'ambiance devienne propice pour épanouir leurs organes reproducteurs. La présence d'esu étant requise pour faire gonfler les cellules mésophylliennes des lodicules et assurer l'écartement des glumelles, on conçoit l'importance du facteur humidité. Cette condition limite singulièrement en pays désertique les moments propices à la floraison.

Voici quelques-unes de nos principales observations :

Espèces	Heure	Jour	Localité	Température °C	Humidité %
Aux premières heures de la matinée					
Aristida ciliata Desf.	6 h 15	16-8-1964	Tebédé	env. 24,5	77,0
Eragrostis pilosa (L.) Beauv.	6 h 15	16-8-1964	Tebédé	env. 24,5	77,0
Chrysopogon Aucheri Stapf var. *quinqueplumis* (A. Rich.) Stapf	6 h 30	17-8-1964	À l'est Tebédé	–	–
Coelachyrum oligobrachiatum A. Camus	7 h	16-8-1964	Tebédé	env. 24,0	83,0
Dichanthium annulatum (Forssk.) Stapf	5 h 05	4-9-1944	O. Bici	env. 26,5	35,8
Panicum turgidum Forssk.	6 h 45	11-9-1964	Aval O. Michero	env. 27,0	33,5
En fin d'après-midi					
Aristida mutabilis Trin. & Rupr.	16 h	28-8-1962	Entre Kehei et Soboro	env. 29,5	31,0
Schmidtia pappophoroides Steud.	16 h	28-8-1962	–	env. 29,5	31,0
Dichanthium annulatum (Forssk.) Stapf	16 h 45	4-9-1964	Plateau Orocheh	env. 32,5	–
Panicum turgidum Forssk.	17 h 03	4-9-1964	O. Orocheh	env. 32,5	21,0
Panicum turgidum Forssk.	17 h 15	5-9-1964	Confluent O. Bici et O. Magordonga	env. 29,0	26,0
Brachiaria Hagerupii Hitchcock	17 h	5-9-1964	–	env. 30,0	26,0

Source : MNHN, Paris

L'horloge florale des Graminées de l'Ennedi est réglée sur le même horaire que celui des Graminées en général.

Les épillets de certaines espèces, comme *Panicum turgidum* Forssk. et *Dichanthium annulatum* (Forssk.) Stapf, s'ouvrent à deux reprises au cours de la même journée, rythme déjà relaté depuis longtemps par KERNER sur la Houque laineuse. Il semble dans ce cas que plusieurs facteurs agissent simultanément et que les valeurs relatives de l'humidité et de la température entrent davantage en ligne de compte que les valeurs absolues. Ainsi le *Panicum* fleurit aussi bien à 29° qu'à 32° en fin d'après-midi, mais toujours au moins une heure après que la température ait commencé à fléchir et l'humidité à augmenter. Dans tous les cas la température de l'après-midi est plus élevée que celle du début de la matinée. En toutes circonstances l'action du rayonnement solaire est déterminante, les glumelles ne se dilatant que si elles sont placées à l'ombre et que si le soleil est bas sur l'horizon.

Remarquons en passant que la maturité des stigmates et étamines n'a pas lieu toujours d'une manière simultanée. La dichogamie est fréquente. Chez *Dichanthium annulatum* (Forssk.) Stapf, par exemple, les étamines sont déjà fanées quand se produit l'épanouissement des stigmates. Il y a protandrie. Chez les *Panicum turgidum* Forssk. et *Brachiaria Hagerupii* Hitchcock, *Cenchrus biflorus* Roxb. nous avons observé à plusieurs reprises la simultanéité de la maturité des deux appareils sexuels. L'autogamie n'en est pas forcément obligatoire car ce sont toutes les trois des espèces grégaires. Il n'en demeure pas moins que chez ces trois espèces, chaque individu fournit une grande quantité de caryopses. Ce sont des espèces particulièrement productives; leurs graines sont même consommées en période de disette.

En résumé il semble qu'il faille distinguer les Graminées proprement sahéliennes qui fleurissent en général aux premières heures de la matinée des journées humides pendant la saison des pluies, et les Graminées subdésertiques qui fleurissent tardivement et sont plus sensibles aux variations de l'humidité qu'aux valeurs absolues de celle-ci.

4° ALBIFLORIE

Au sein d'une population d'une même espèce à fleurs colorées il arrive de temps en temps qu'un individu porte uniquement des fleurs blanches. C'est l'albiflorie, comparable sous ses manifestations extérieures à l'albinisme chez les animaux. Ce phénomène est assez fréquent dans les pays tempérés en particulier chez les Composées (*Cirsium arvense, Carduus nutans*) et chez certaines gamopétales à corolle colorée en bleu par des anthocyanes (*Campanula trachelium* et *Campanula carpatica, Gentiana campestris* L. et *Gentiana germanica* (1), etc.).

L'albiflorie existe dans l'Ennedi et à été constatée à plusieurs reprises. Voici les cas relevés :

Espèces	Date	Localité	Altitude	N° herbier
			m	
Vernonia Aschersonii Schultz Bip.	25-9-1959	Biti Merdili	1.106	1.709
Vernonia Aschersonii Schultz Bip.	25-9-1964	8 km. E. Koboué	980	3.481
Ruellia patula Jacq.	5-9-1962	Plateau Tellehourbou	1.120	2.233

Ces trois seuls exemples montrent la grande rareté du phénomène, car ce sont les seuls observés pendant toutes nos campagnes. Ils appellent quelques commentaires.

D'abord l'albiflorie affecte les mêmes types de corolles dans les pays sahéliens que dans les pays tempérés (famille des Composées et corolle gamopétale bleue).

Ensuite elle porte uniquement sur des sujets vivant en altitude et groupés sur certains hauts plateaux rocheux, ceux-ci constituant en quelque sorte le bastion de l'Ennedi. Sur ces hauts lieux il est certain que l'amplitude thermique diurne et annuelle est plus importante et que le rayonnement solaire est plus intense. L'absence totale de l'albiflorie en plaine laisse penser que les radiations ultra-violettes absorbées par les basses couches de l'atmosphère interviennent pour la favoriser.

(1) Renseignements communiqués par G. RABARON, que nous remercions bien vivement.

Source : MNHN, Paris

VIII. PLANTES À ÉCLIPSE

Les conditions extrêmement sévères auxquelles doivent faire face les végétaux ennediens font que quelques-uns d'entre eux, pour la plupart des thérophytes, semblent s'éteindre pendant une ou quelques années en un emplacement donné, puis resurgissent au cours d'une saison des pluies favorable. Ces végétaux peuvent donc traverser d'assez longues périodes sans entrer en vie active et sans pour cela disparaître potentiellement de leur station. Il y a là une très heureuse adaptation à une pluviométrie hautement variable d'une année à l'autre.

1° Plante a appareil végétatif hypogé

Une seule plante répond à ce type dans l'Ennedi : *Cistanche phelypaea* L.. Elle passe la plus grande partie de son existence sous terre, se fixant par des racines munies de suçoirs sur le système radiculaire d'autres plantes — surtout de Phanérophytes nourriciers — sans qu'il y ait spécificité entre l'hôte et le parasite : *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev., *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f., *Salvadora persica* L., etc.

L'appareil aérien émerge directement du sable et, dépourvu d'assimilation chlorophyllienne, ne remplit que le rôle de simple support pour les fleurs et les fruits. Nous possédons trois références précises d'apparition : 2 octobre 1952 (Carvalho) 14 octobre 1959 (Gillet) et fin janvier 1965 (Guye). La partie aérienne possède la double particularité d'apparaître en saison sèche et de posséder une consistance succulente. Tout porte à croire qu'elle tire sa sève d'un hôte en pleine activité. Or il est remarquable de constater que les trois années (1952, 1959 et 1964) montrent une pluviométrie fortement excédentaire et sont précisément celles où les Phanérophytes précités gardent une grande vigueur fort avant dans la saison sèche.

Cistanche phelypaea L. semble donc capable de vivre assez longtemps souterrainement à l'état de vie ralentie et de ne fleurir que lorsqu'il reçoit un choc physiologique déterminé par certaines qualités de la sève de l'hôte. La prospérité du parasite est placée sous la dépendance de celle de l'hôte.

2° Thérophytes

Les graines de certains thérophytes sont des organes très bien adaptés pour rester longtemps à l'état de vie extrêmement ralentie sans pour autant perdre leur faculté germinative. C'est là une adaptation très avantageuse pour résister à une aridification. Les graines de ces plantes, d'ailleurs toutes Sud sahéliennes ou soudaniennes, n'entrent en activité que les années où la pluviométrie est nettement supérieure à la moyenne. De telles plantes ne sont visibles que les seules années où la saison des pluies est suffisamment durable et les pluies assez importantes pour qu'elles puissent vivre. Elles peuvent être considérées comme les survivantes d'une flore à caractère soudanien qui couvrait encore l'Ennedi dans un passé assez proche.

Dans ce groupe citons deux Papilionacées dont les graines dures résistent facilement à l'attaque des agents atmosphériques : *Rothia hirsuta* (Guill. et Perr.) Bak. et *Indigofera astragalina* DC.. La première n'a été rencontrée qu'une fois dans l'Ennedi mais en quantité assez importante : le 9 septembre 1959 dans les environs de la grande Mare de Mezeur Kri. La région cette année-là avait été si arrosée que la mare s'était agrandie au point de ressembler à un vaste lac dont la surface était agitée, lorsque le vent soufflait, par de véritables vagues qui déferlaient sur ses bords. La plante est connue du Tchad mais beaucoup plus au Sud (prairie sableuse près de l'O. Rimé 13° 55') où elle fait aussi figure de plante à éclipse.

La deuxième a été rencontrée plusieurs fois, mais selon des fortunes diverses : extrêmement rare en 1957 (3 pieds près de la guelta Guerria le 29 août 1957), abondante en 1958 le long de l'O. Arroué et entre l'O. Am Diguine et Yekidinga les 15 et 17 août, peu fréquente en 1962 à l'O. Brou le 26 août mais mélangée à des vestiges d'anciens pieds vigoureux datant de 1961, et rarissime en 1964 (un seul pied le long de l'O. Ely, le 27 septembre). Cet *Indigofera* est très abondant sur le 13° parallèle où il atteint des dimensions inconnues dans l'Ennedi. Il ne fait pas de doute qu'il se trouve dans notre Massif dans des conditions limites d'existence et qu'il ne peut prendre un développement normal que certaines années apparaissant maintenant comme exceptionnelles. Sur le 13° parallèle il ne fait pas figure de plante à éclipse. La non apparition de la plante dans l'Ennedi certaines années peut être considérée comme un signe avant coureur de sa disparition prochaine.

Source : MNHN, Paris

Dicliptera verticillata (Forssk.) C. Christensen est une Acanthacée qui trouve au Tchad son biotope d'élection entre les 12° et 13° parallèles, dans les zones dépressionnaires à *Acacia seyal* Del. où elle couvre la surface du sol par ses rameaux très denses s'enracinant aux nœuds. Elle a été observée une fois dans l'Ennedi dans un biotope relictuel à 1 080 mètres d'altitude le 11 août 1962, et encore sous forme d'exemplaires secs, vestiges des individus qui s'étaient développés pendant l'été exceptionnel de 1961. La station en question, dite de Baïba, avait été minutieusement visitée les 13 et 14 septembre 1957 et si le *Dicliptera* s'y était trouvé, il ne fait aucun doute qu'il aurait été détecté et récolté puisque les rebords des rigoles où la plante était surtout concentrée avaient été examinés minutieusement. Bel exemple d'une plante soudanaise relictuelle, non seulement installée dans une station refuge d'altitude, mais devenue plante à éclipse.

Geigeria acaulis Oliv. et Hiern est une Composée commune certaines années dans l'Ennedi sur les plages limoneuses, mais totalement absente certaines autres, tout du moins à l'état végétatif. Mon attention en effet avait été attirée en 1957 par de courts vestiges caulinaires plus ou moins ondulés, entièrement dépourvus de feuilles et munis de quelques « boutons » noirs dans lesquels il était bien difficile de reconnaître des restes de capitules desséchés. Malgré les recherches aucune identification ne fut possible à l'époque. Il fallut attendre la mission suivante (celle de 1958) pour trouver, en mélange avec les vestiges précédents, des jeunes rosettes feutrées à aspect gnaphaloïde et en fin de saison des capitules jaunes dissimulés dans un tomentum blanc de *Geigeria*. La plante fut retrouvée les années suivantes mais toujours strictement localisée sur les emplacements favorisés par les pluies. La plante semble bien an place dans l'Ennedi, présente à l'état potentiel un peu partout en altitude mais n'évoluant chaque année que dans les seuls endroits intéressés par des précipitations abondantes. Elle est localement à éclipse.

Dans cette rubrique peut être rangé également, au moins partiellement, l'*Aristida rhiniochloa* Hochst. découvert dans l'Ennedi le 20 septembre 1964 sur un haut plateau sauvage séparant les ouadis Dichina et Koboué en un emplacement qui avait été visité le 15 septembre 1962, mais sans que l'Aristidée fût remarquée. Bien que celle-ci soit assez mimétique de l'*Aristida adscensionis* L. avec lequel elle pousse d'ailleurs en mélange, il y a tout lieu de penser qu'elle n'était pas présante sur le terrain en 1962, car nous imaginons mal comment une plante occupant localement une grande surface eût pu nous échapper. Dès lors, elle apparaît bien comme une plante à éclipse qui évolue seulement pendant les années climatiquement les plus favorables. Il semble bien que l'extinction constatée certaines années soit une conséquence de la carence des pluies, car l'*Aristida rhiniochloa* Hochst. a été observée deux années consécutives (1964 et 1965) à une latitude plus méridionale, dans le périmètre enclos dit Arboretum d'Abéché. La plante y était d'ailleurs beaucoup plus vigoureuse.

Citons enfin une plante typiquement soudanaise *Lobelia senegalensis* A. DC. découvert fleuri le 19 septembre 1964 près d'une série de sources étagées dans la vallée de l'O. Kordi, au lieu dit Kordi Galé sur la face nord de l'Ennedi. La station avait été soigneusement visitée deux années auparavant, le 23 septembre 1959, et il était certain que le *Lobelia* y était absent tout au moins à l'état fleuri, les délicates fleurs blanches ne pouvant manquer d'être remarquées. La présence du *Lobelia* semble placée là sous la dépendance de sources dont le débit en cette station est fonction chaque année de l'importance des pluies.

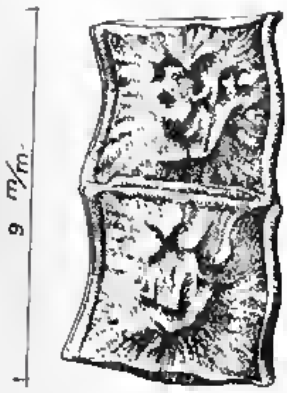
Ainsi donc la présence à l'état sporadique dans l'Ennedi de thérophytes d'origine soudanaise, qui ne se montrent que les années où la pluviométrie est supérieure à la moyenne, et qui dans leur aire actuelle lèvent régulièrement chaque année, laisse nettement sous-entendre que le Massif était autrefois plus arrosé qu'il ne l'est actuellement.

IX. DISSÉMINATION DES ESPÈCES

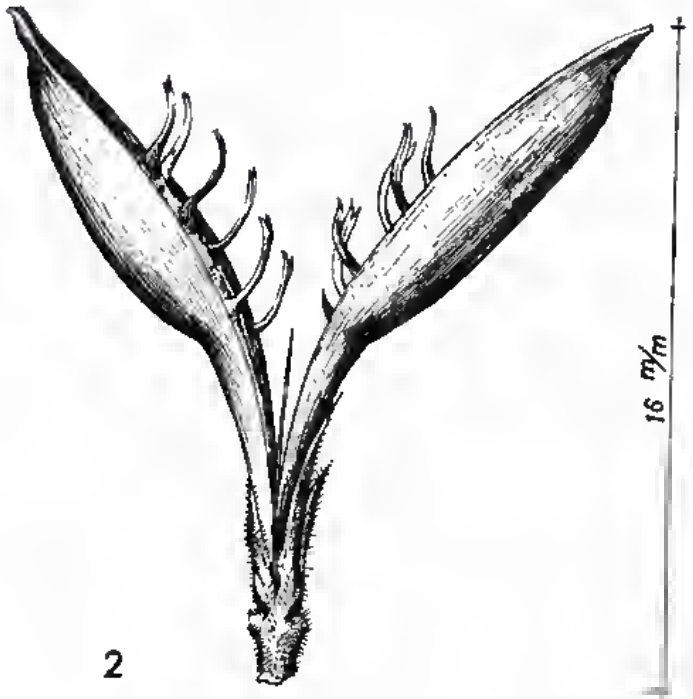
1° Généralité. Vents. Eaux. Vortex

L'Ennedi, par ses immenses étendues tant sablonneuses que rocailleuses, par la présence des facteurs naturels qui s'y déchaînent, tels que coups de vent, rafales de pluie, par l'abondance de certains insectes sociaux récolteurs de semence, est un magnifique champ d'expérience pour l'étude des modes de dissémination des espèces. Les différents modes de propagation y apparaisssent dans toute leur netteté.

Source : MNHN, Paris



1



2

3

4

X 2

PLANCHE V

Quelques exemples de diaspores complexes

1. Deux articles d'une gousse d'*Aeschynomene indica* L.; 2. Capsule à deux valves de *Ruellia patula* Jacq. (les graines sont déjà tombées;) 3. Gousse et calice de *Tephrosia nubica* (Boiss.) Back.; 4. Gousse spiralée d'*Acacia raddiana* Savi.

Source : MNHN, Paris

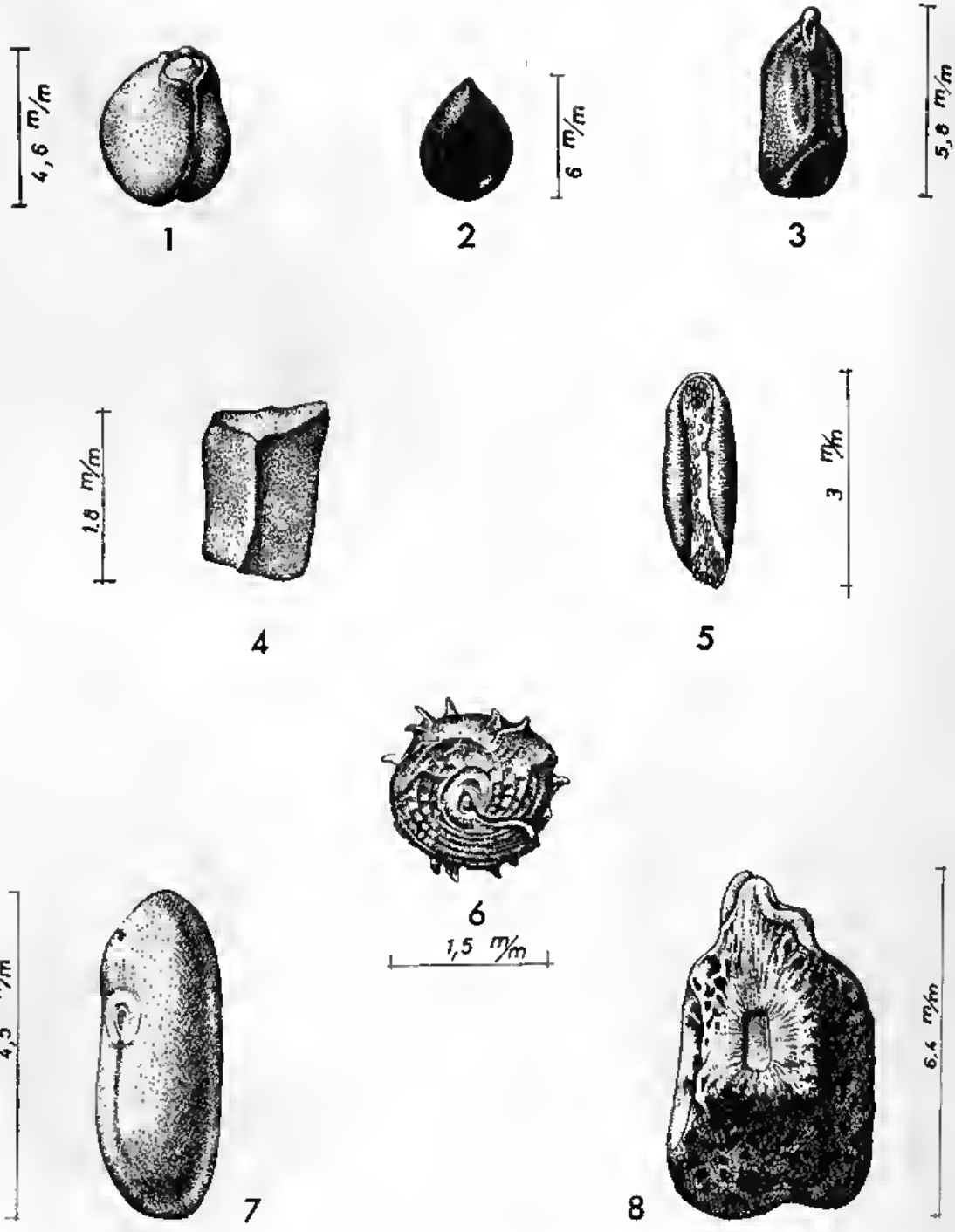


PLANCHE VI

Quelques exemples de graines géochores

1. *Ipomoea Aitonii* Lindl.; 2. *Cassia absus* L.; 3. *Cassia tora* L.; 4. *Corchorus tridens* L.; 5. *Borreria compacta* (Hochst.) K. Schum.; 6. *Gynandropsis gynandra* (L.) Briq.; 7. *Sesbania leptocarpa* DC.; 8. *Cassia italica* (Mill.) Lam. ex F. W. Andr.,

Source : MNHN, Paris

Certaines forces naturelles sont si intenses qu'elles exercent leur action sur l'ensemble des diaspores (1). Ainsi celles-ci finissent toutes par être à un moment donné propulsées par le vent, ne serait-ce que par le souffle d'une violence inouïe qui précède certaines tornades, ou par être emportées par les trombes d'eau qui s'abattent sur le sol avec les premières pluies de l'année. Ces deux facteurs contribuent en fin de compte à modifier activement la répartition des diaspores à la surface du sol. Leur rôle est capital. Celles-ci bénéficient de moyens de propagation inconnus dans nos régions et de possibilités d'extension géographique pratiquement illimitées, en particulier dans la direction Est-Ouest qui est celle des vents de tornades. Aussi n'est-il pas étonnant de constater avec quelle facilité certaines espèces orientales ont réussi à franchir les déserts du Ténéré pour gagner l'Aïr (*Vernonia cinerascens* Schultz Bip.) ou à s'aventurer jusqu'à l'Adrar mauritanien (*Geigeria alata* [DC.] Oliv. et Hiern). Espaces libres et forces motrices puissantes permettant aux espèces de déferler sans contrainte à travers toute l'Afrique sahélienne jusqu'à l'océan Atlantique.

Il convient également de tenir compte, comme facteur général de dissémination à grande échelle, des tourbillons qui sont fréquents dans l'Ennedi surtout en saison sèche. Ceux-ci possèdent une force d'aspiration étonnante et sont capables d'arracher entièrement des Graminées aussi importantes que des *Aristida* et de les soulever à des hauteurs considérables. Le fait s'est produit sous nos yeux à plusieurs reprises (2). L'on conçoit que des diaspores aspirées du sol par les vortex, puis transportées par les courants aériens puissent parcourir des distances impressionnantes.

2° Diaspores géochores

La diaspore se détache de la plante mère et tombe sur le sol par son propre poids. Ce procédé, s'il est le seul à entrer en action, ne permet pas à l'espèce de franchir de grandes distances, l'espèce ayant tendance à faire tache autour du pied mère. Mais pareille circonstance est rare et de toute façon peu durable, toutes les graines étant un jour ou l'autre, comme nous venons de le voir, mises en mouvement par le vent et l'eau de ruissellement.

a. *Diaspores lourdes.*

— Cas des Légumineuses.

Les graines de beaucoup de Légumineuses sont lourdes, massives et tombent d'elles-mêmes au pied de la plante mère. Telles sont les graines cubiques ou parallélipipédiques du *Cyamopsis senegalensis* Guill. et Perr., des *Indigofera sessiliflora* DC., *Indigofera semitrijuga* Forssk., *Indigofera viscosa* Lam., etc., des *Sesbania leptocarpa* DC., des *Cassia tora* L., *Cassia absus* L., etc. C'est ainsi qu'il est courant d'observer au début de la saison des pluies des jeunes plantules, levant sous les rameaux desséchés du pied qui a produit les graines. En voici quelques exemples :

Cyamopsis senegalensis Guill. et Perr.	21-VII-1964	Kourien Doulien
Tephrosia leptostachya DC.	10-VIII-1962	Baïba
Cassia tora L.	10-VIII-1962	Baïba

— Cas des Convolvulacées rampantes.

Les graines libérées par la déhiscence des capsules qui elles-mêmes reposent sur le sol, se trouvent donc directement déposées sur celui-ci. Aussi est-il fréquent d'observer, au moment de leur germination, des alignements de plantules qui correspondent presque rigoureusement au tracé des rameaux de la plante semencière. Voici quelques observations de cette nature :

Ipomoea coscinosperma Hochst. ex Choisy	2-VIII-1964	pied du Mt Aloba
Ipomoea coptica (L.) Roth ex Roem. et Schult.	26-VII-1964	Kechéli

(1) Le terme diaspore créé par Sernander en 1927 sera utilisé, suivant son sens généralement admis, comme étant le complexe séparé de la plante mère et constituant l'unité de dissémination. Cela peut être la graine elle-même, ou le fruit, ou un organe comprenant à son tour différentes parties du végétal issues de la fleur ou de l'inflorescence, ou encore toute une partie du végétal.

(2) Surpris par l'un de ces phénomènes nous avons été le témoin de l'envol d'enveloppes à lettre et de billets de banque : ces objets se sont élevés à des hauteurs si considérables qu'ils ne pouvaient plus être suivis à la jumelle.

Source : MNHN, Paris

Dans d'autres circonstances les graines ont été trouvées directement sur le sol à côté des capsules mères :

Ipomoea sinensis (Desr.) Choisy.....	10-IX-1958	Ortobi
Ipomoea sinensis (Desr.) Choisy.....	1-X-1959	O. Kouro
Ipomoea coscinosperma Hochst. ex Choisy.....	1-X-1959	O. Kouro

— Cas des plantes grimpantes.

Beaucoup de plantes grimpantes produisent des diaspores lourdes qui tombent au pied de l'arbre et permettent à l'espèce chaque année de s'accrocher au même arbre tuteur : telles sont les grosses graines de *Merremia aegyptiaca* (L.) Urban, d'*Ipomoea Aitonii* Lindl., ou les graines entourées de pulpe des Cucurbitacées : *Momordica balsamina* L. et *Coccinia grandis* (L.) J. O. Voigt.

— Cas des plantes répandues par taches.

Certaines espèces se retrouvent chaque année au même endroit formant une tache à peu près circulaire. Il s'agit bien souvent d'une population qui est issue d'un pied mère initial à diaspores lourdes, les descendants ayant pris position concentriquement autour de lui. Telles sont les taches bien délimitées d'*Astripomoea lachnosperma* (Choisy) Meeuse, de *Solanum dubium* Fresen (la diaspore est alors le fruit entouré du calice épineux), *Cassia nigricans* Vahl, de *Sclerocarpus africanus* Jacq. ex Murr., *Rogeria adenophylla* J. Gay ex Delile, *Blepharis persica* (Burm. f.) O. Ktze., etc.

b. *Diaspores légères.*

De nombreuses plantes — surtout parmi les thérophytes — émettent des graines de dimensions réduites, plus ou moins sphériques, qui dès leur maturité tombent normalement sur le sol. Celles-ci présentent souvent une étrange similitude de forme, de dimensions et parfois même de couleur avec les grains de sable, si bien qu'elles se mêlent intimement à eux. Dès lors, graines et sable, solidaires, sont traités de la même façon par les vents, le ruissellement, le piétinement. Dans ce lot figurent bien entendu les diaspores de nombreuses psammophytes comme *Cleome tenella* L., *Giesekia pharnacioides* L., *Eragrostis tremula* Hochst. ex Steud., *Eragrostis porosa* Nees, *Eragrostis cilianensis* (All.) Link ex Vign. Lut., *Eragrostis barrelieri* Davesu, *Coelachyrum oligobrachiatum* A. Camus, des *Sporobolus* qui tous sont largement répandus, etc.

3° Diaspores anémochores

Il est clair, étant donné l'importance des vents qui soufflent presque en permanence et qui sont particulièrement violents au moment de la fructification des plantes, que les diaspores anémochores trouvent d'excellentes conditions de dissémination. Certaines possèdent un appareil aérostatique qui leur permet de flotter dans l'air, d'autres possèdent une membrane ailée qui facilite leur dissémination par le vent.

a. *Diaspores flottant au vent.*

— Akènes aigrettée des Composées.

Comme il fait des akènes du pissenlit, le vent emporte au loin dans l'Ennedi les akènes des *Vernonia cinerascens* Schultz Bip., *V. pauciflora* (Willd.) Less. et *V. cinerea* (L.) Less., *Achyrocline luzuloides* Vatke — cela d'autant plus facilement qu'ils sont de petite taille — et aussi ceux de *Lactuca intybacea* Jacq., qu'il transporte quelquefois agglomérés. Toutes ces plantes vivent dans les rocailles et se trouvent à l'état dispersé.

— Akènes munis de longues soies des Asclépiadacées.

Il est très fréquent — et le spectacle est pratiquement quotidien — de voir flotter dans le ciel ennedien, au gré des courants éoliens, des boules de soies supportant ou non un gros akène plat et brunâtre. Il s'agit des semences du *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f. qui parcourent ainsi des distances considérables, ce qui explique la grande distribution de l'espèce. Effectivement les fruits de la plante, en forme de vessie enflée, contiennent une quantité importante de ces graines qui sont libérées petit à petit par une déchirure de l'enveloppe. L'attache de la graine avec son support aérostatique est si fragile qu'il arrive bien souvent qu'elle se rompe

Source : MNHN, Paris

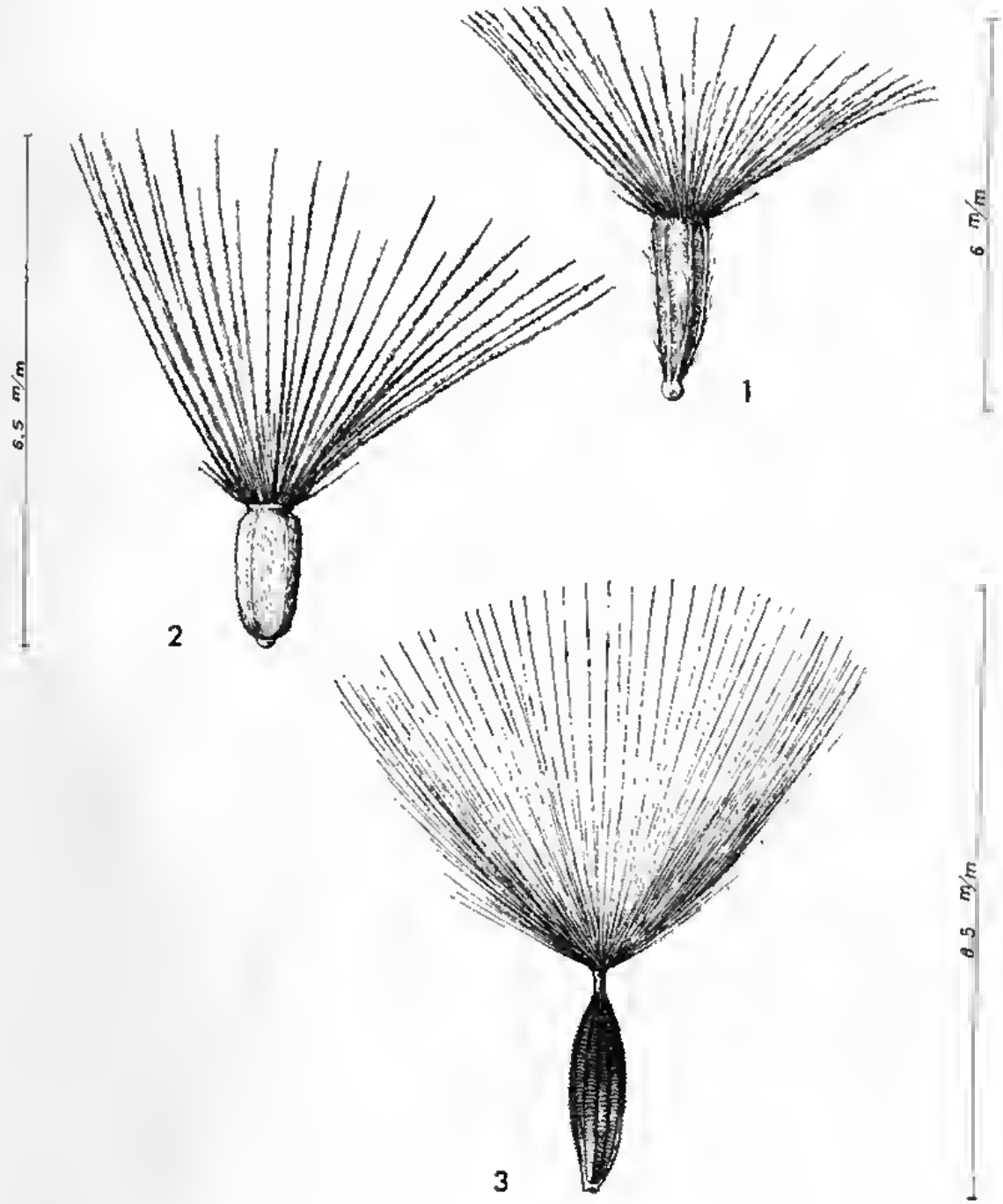
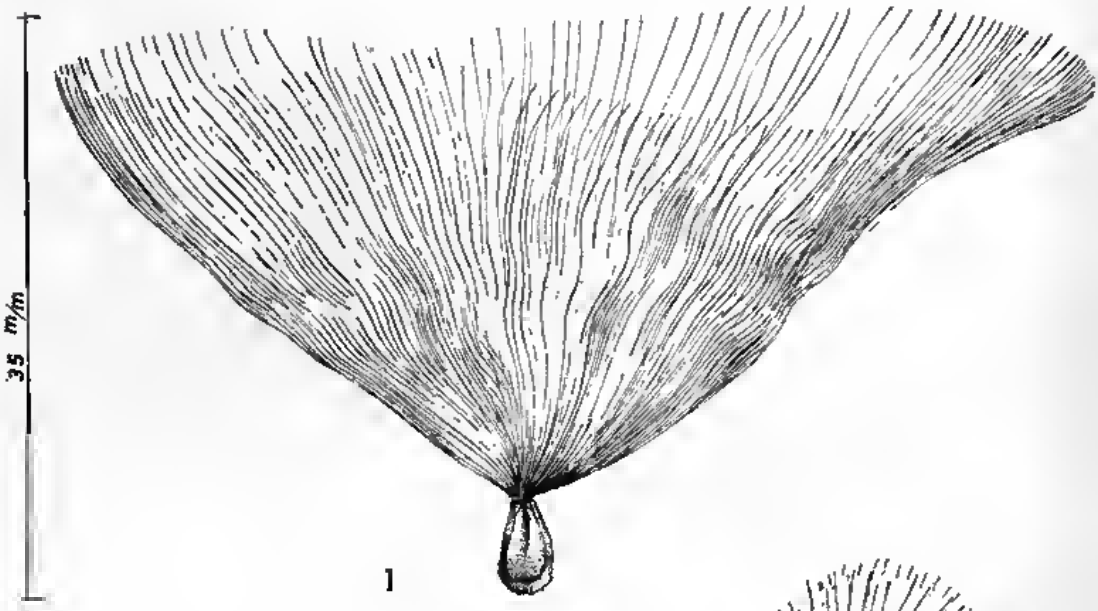


Planche VII

Diaspores anémochores

Exemples d'akènes aigrettés de Composées ; 1. *Vernonia cinerascens* Schultz Bip.; 2. *Vernonia Aschersonii* Schultz Bip.; 3. *Lactuca intybacea* Jacq..

Source : MNHN, Paris



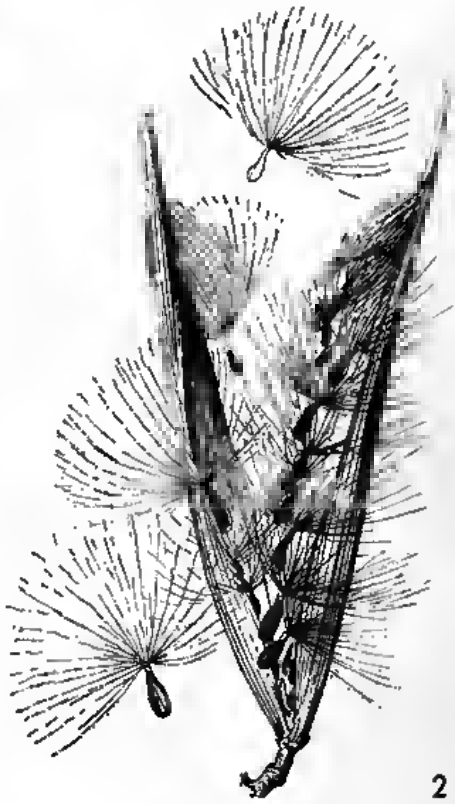


PLANCHE VIII

Diaspores anémochores

Akènes munis de longues soies des Asclépiadacées. 1. Graine de *Leptadenia heterophylla* (Del.) Decne., 2. Ouverture du follicule de *Leptadenia pyrotechnica* (Forssk.) Decne. montrant la position des akènes, soies repliées et soies s'étalant.

Source : MNHN, Paris

et la graine reste alors dans le fruit, les soies quittant seules la demeure d'origine. La dissémination des akènes des *Leptadenia pyrotechnica* (Forssk.) Decne. et *L. heterophylla* (Del.) Decne. et du *Pentatropis spiralis* (Forssk.) Decne. s'opère de la même façon. Les Asclépiadacées sont de mauvaises indicatrices biogéographiques.

b. *Diaspores munies d'un dispositif alaire.*

— Graines entourées d'une membrane ailée circulaire.

L'aile membraneuse permet à la graine de planer un certain temps par vent moyen. Citons les graines de *Farsetia ramosissima* Hochst. ex Fourn. à aile large, *F. stenoptera* Hochst. à aile droite, de *Limeum pterocarpum* (Gay) Heimerl, à aile remarquablement développée, de *Svensonia laeta* (Fenzl) Moldenke (appelé également pour cette raison *Bouchea pterygocarpa* Schau.) et de *Sesamum alatum* Thonning.

— Diaspores munies d'une expansion ailée.

L'expansion est fournie assez souvent par le calice qui, devenu accrescent, enferme le fruit. Telles sont les diaspores des *Melhania, M. grandibracteata* K. Schuns. et *M. Denhamii* R. Br.. Mais elle peut appartenir directement au fruit : diaspore à 4 ailes du *Combretum gallabatense* Schweinf. et du *C. aculeatum* Vent. à 5 ailes (seul cas parmi les *Combretum*), et diaspore remarquable du *Tribulus longipetalus* Viv. avec la ssp. *macropterus* (Boiss.) Maire, variétés *eu-macropterus* Maire et *megistropterus* (Kral.) Maire et la ssp. *alatus* (Del.) Ozenda et Quezel var. *vespertilio* Maire, toutes sous-espèces et variétés dont la distinction repose précisément sur la forme et l'étendue de l'aile.

c. *Diaspores roulées sur le sol.*

— Importance du phénomène.

La fréquence des vents et leur force font que presque toutes les graines, lorsqu'elles reposent sur le sol, parviennent à être roulées par le vent. Le vent constitue certainement le facteur le plus puissant entrant en jeu dans la dissémination des diaspores. Toutes les espèces graminéennes, en particulier celles qui constituent l'élément dominant de la flore dans toutes les plaines de l'Ennedi, ont leurs diaspores balayées par le vent à la surface du sol sur de grandes distances. Il suffit de constater l'amoncellement de leurs diaspores dans la moindre excavation (empreinte par exemple laissée par le sabot d'un Ongulé) pour être instruit sur l'efficacité de l'action du vent.

— Adaptations particulières.

+ Épillets ronds des Graminées.

Les épillets ronds des Panicées roulent à merveille sur le sable. A l'époque de maturité du *Panicum turgidum* Forssk. les épilleta de cette Graminée peuvent « être ramassés à la pelle » dans la moindre cuvette de sable, tant grande est leur quantité (Marmarigna, le 3 octobre 1958, mêlangés avec *Tribulus longipetalus* Viv.). Il en est de même des épillets des *Brachiaria, Echinochloa* et de certaines Cypéracées.

+ Fragments entiers d'inflorescence de Graminées.

Les épis de nombreusea Graminées se détachent par fragments entiers et, étant donné leur légèreté, sont entraînés par le vent jusqu'au moment où ils rencontrent un obstacle et s'y accumulent (un chaméphyte ou un rocher). Ainsi, fin aeptembre-début octobre, observe-t-on souvent des accumulations d'épis de *Schmidtia pappophoroides* Steud. (à 2 km à l'Est du mont Fada, le 1er octobre 1964), de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. ou de *Chrysopogon Aucheri* Stapf var. *quinqueplumis* (A. Rich.) Stapf. Les arêtes de l'involucre des épillets ont l'avantage de donner à la diaspore un certain volume et en outre lui procurent autant de points d'appuis facilitant le roulement (*Cenchrus ciliaris* L., *Cenchrus Prieurii* (Kunth) Maire, *Schmidtia pappophoroides* Steud., *Tetrapogon spathaceus* (Hochst.) Hack., tous les *Enneapogon*. Il en est un peu de même des glumes et grumelles baillantes des épillets mûrs des Andropogonées.

+ Plumets des Stipées.

Les barbes qui garnissent l'arête supérieure des diaspores d'*Aristida* sont autant de dispositifs qui offrent une prise au vent. Aussi entraînent-elles les semences de ces Graminées sur le sol, jusqu'au moment où celles-ci ae piquent par leur callus. Citons les plumets des *Aristida plumosa* L., *A. ciliata* Desf., *A. papposa* Trin. et Rupr., *A. hirtigluma* Steud. ex Trin. et Rupr.

Source : MNHN, Paris

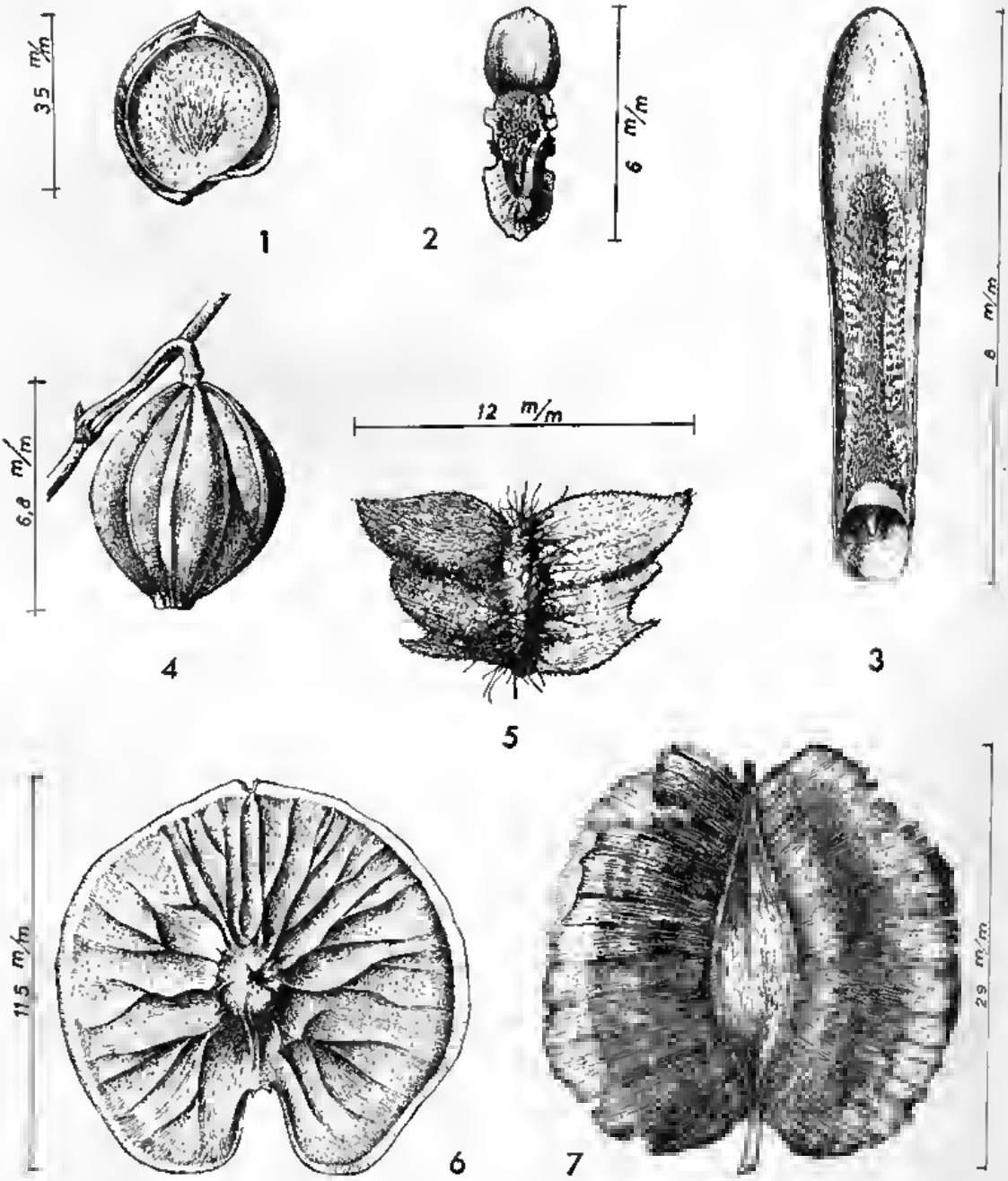


PLANCHE IX

Diaspores munies d'une expansion ailée

1. Graine de *Ruellia patula* Jacq.; 2. Graine avec deux ailes de *Sesamum alatum* Thonning; 3. Graine longuement ailée de *Svensonia laeta* (Fenzl) Moldenke; 4. Fruit de *Seetzenia orientalis* Decne.; 5. Diaspore à ailes simulant un papillon de *Tribulus longipetalus* Viv. ssp. *macropterus* (Boiss.) Maire; 6. Graine largement ailée de *Limeum pterocarpum* (Gay) Heimerl; 7. Diaspore à quatre ailes du *Combretum gallabatense* Schweinf..

Source : MNHN, Paris

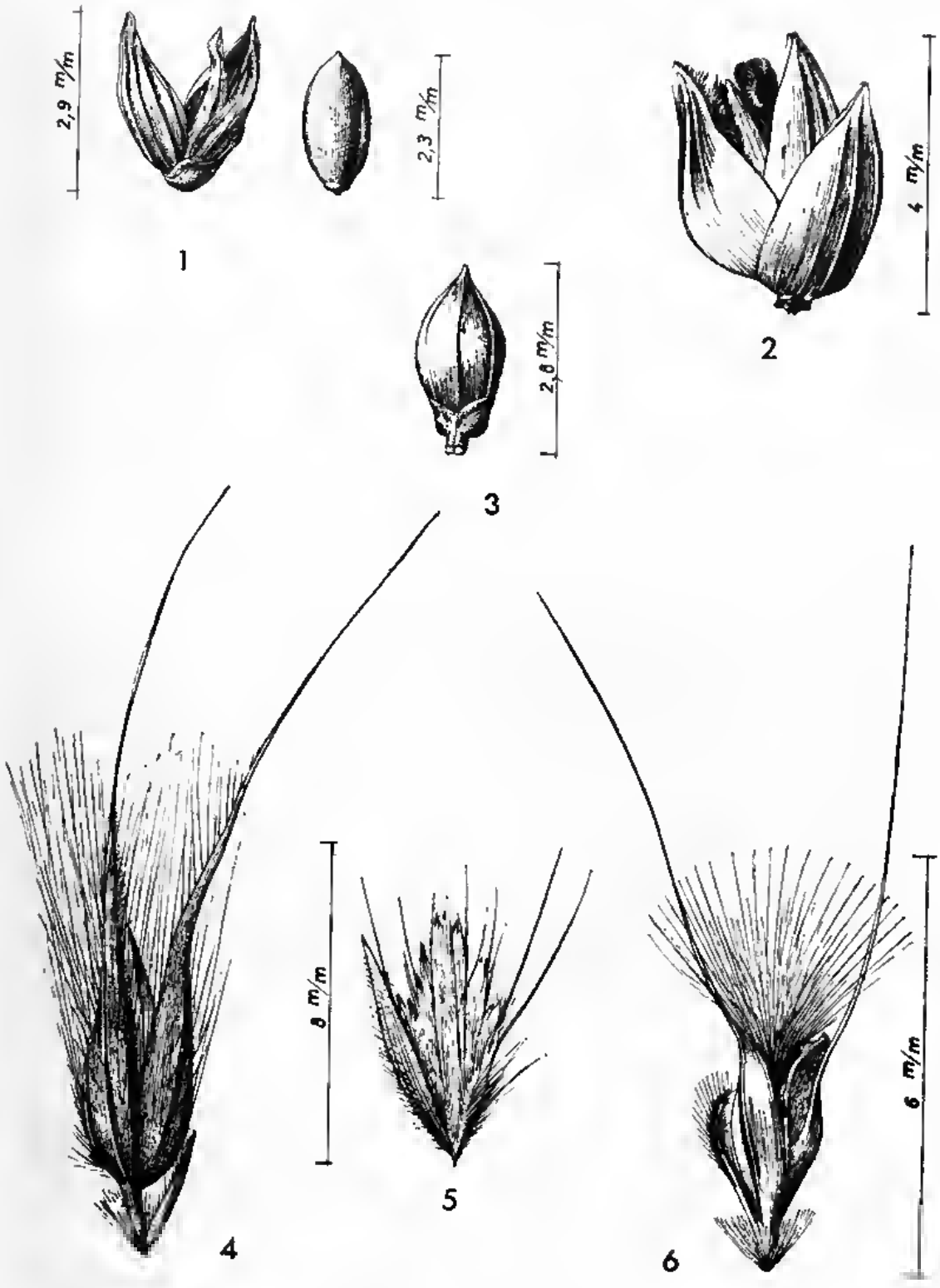


PLANCHE X

Épillets de Graminées roulés sur le sol par le vent

1. *Panicum laetum* Kunth avec la graine séparée; 2. *Panicum turgidum* Forssk.; 3. *Echinochloa colona* Link. — Épillets barbus poussés par le vent; 4. *Rhynchelytrum villosum* (Parl.) Chiov.; 5. *Schmidtia poppophoroides* Steud.; 6. *Chloris virgata* Sw.

Source : MNHN, Paris

+ Enchevêtrement des diaspores.

L'exemple le plus frappant est sans conteste le cas de l'*Aristida funiculata* Trin. et Rupr. dont les diaspores de grande taille offrent à la fois un callus perforant et trois arêtes fortement divergentes. Il en résulte que lorsque plusieurs semences se rencontrent, et ceci est obligatoire puisqu'elles sont produites en grande quantité, elles s'associent immanquablement pour former une boule qui ressemble vue de loin à un petit hérisson. Les diaspores ont tendance en effet à se rapprocher les unes des autres par la pointe de leur callus et à être retenues ensemble par les longues arêtes qui s'entrecroisent. A l'époque de la maturité de l'*Aristida*, le défilé permanent des boules hérissées et poussées par le vent est un spectacle saisissant. Par place, elles s'accumulent en matelas si épais que le sol disparaît sur plusieurs mètres carrés.

4° Diaspores zoochores

Il est bien connu que les animaux et l'homme en particulier jouent un rôle de premier plan dans la dispersion des plantes. En toute objectivité nous sommes obligés de reconnaître que dans l'Ennedi la plupart des plantes banales, celles qui sont répandues à raison de millions d'exemplaires, émettent des diaspores zoochores (*Cenchrus biflorus* Roxb., toutes les *Aristida*, *Tribulus terrestris* L., etc.). C'est la preuve la plus éclatante de l'action du règne animal sur le règne végétal dans les zones subdésertiques parcourues par le bétail.

A. Diaspores épizoochores

a. *Diaspores épineuses.*

Ceux qui ont parcouru l'Ennedi gardent le cuisant souvenir de piqûres douloureuses provoquées par les épines du *Tribulus bimucronatus* Viv..

Il en est de même des épillets mûrs du *Cenchrus biflorus* Roxb. qui s'accrochent absolument partout, et se font particulièrement redouter des marcheurs. Le cram-cram suit véritablement les animaux à la trace et partout où le bétail passe, la plante apparaît immanquablement. Toutes les grandes pistes chamelières de l'Ennedi sont jalonnées de cram-cram, lequel disparaît si l'on s'écarte de quelques mètres seulement de l'axe. Les arêtes de l'involucre transformées en épines à pointe vulnérante ont la propriété de s'accrocher immédiatement aux poils. En septembre-octobre les pattes des moutons arabes sont transformées en pelotes vivantes, chaque animal transportant avec lui une grande quantité d'involucres.

La diaspore du *Neurada procumbens* L., petite Rosacée psammophile, en forme de minuscule coussinet, à la face supérieure bombée toute hérissée de piquants, se plante facilement dans la sole du chameau et accomplit ainsi un grand nombre de kilomètres.

Les fruits d'*Oxygonum atriplicifolium* (Meisn.) Martelli, porteurs de trois épines vulnérantes, s'incrustent dans la peau comme ceux du *Tribulus*, mais cette plante dont l'écologie est assez stricte (cuvettes limono-argileuses) est heureusement beaucoup moins répandue.

b. *Diaspores recouvertes d'appendices accrochants.*

— Appendices uncinés.

L'exemple le plus frappant est la diaspore de *Pupalia lappacea* (L.) Juss. véritable pelote bardée d'arêtes disposées en étoile, chacune terminée par une pointe recourbée dont le pouvoir accrochant très efficace l'est au moins autant, sinon davantage, que celui de notre bardane.

Il existe d'autres diaspores semblables, mais à pouvoir agrippant moins actif, comme : épillets des *Tragus*, *T. berteronianus* Schult. et surtout *T. racemosus* (L.) All..

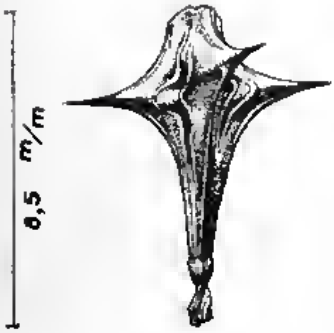
— Soies rétrobarbulées.

Dans ce cas les arêtes des diaspores portent appliquées sur elles « à rebrousse poil » de courtes soies analogues à des micro-aiguilles. Ces arêtes armées n'entraînent la semence que suivant un sens donné.

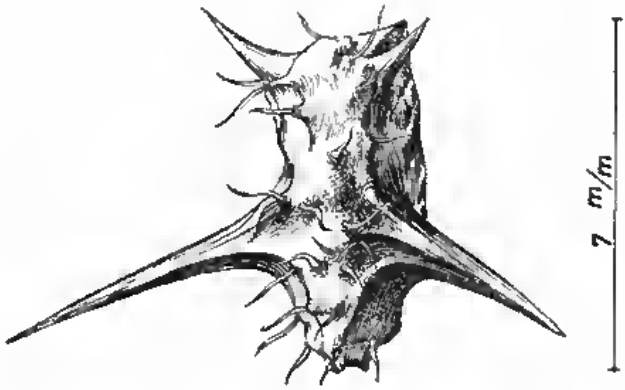
L'involucre des *Setaria* constitue l'exemple le plus remarquable de ce procédé d'accrochage. Il est si efficace que lorsque deux épis de *Setaria verticillata* (L.) Beauv. se rencontrent, ils ne peuvent plus être séparés.

Les soies couronnant les akènes de certaines Composées sont ainsi conformées : *Bidens pilosa* L., répandues par le bétail le long des principaux ouadis, et à titre moindre *Blainvillea gayana* Cass..

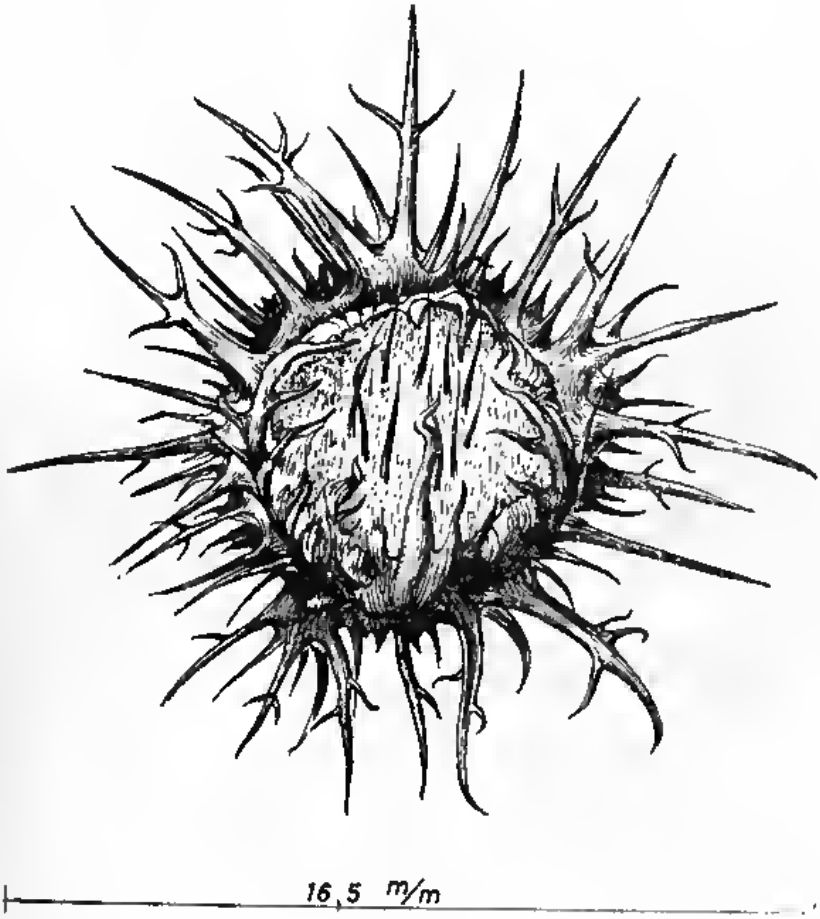
Source : MNHN, Paris



1



2



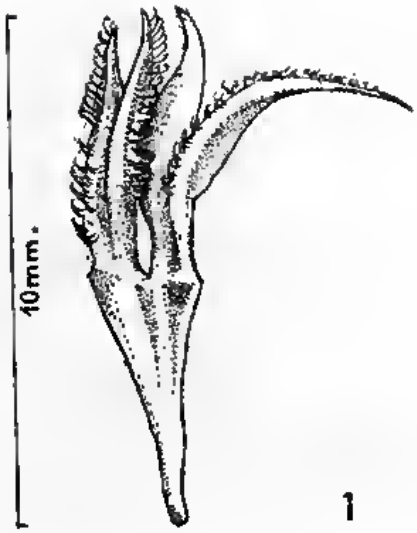
4

PLANCHE XI

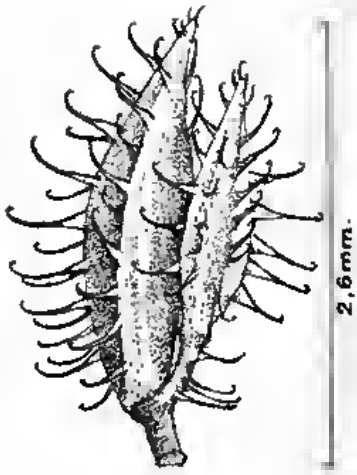
Diaspores épineuses à pointes vulnérantes

1. *Oxygonum atriplicifolium* (Meisn.) Martelli; 2. *Tribulus bimucronatus* Viv.; 3. *Neurada procumbens* L.

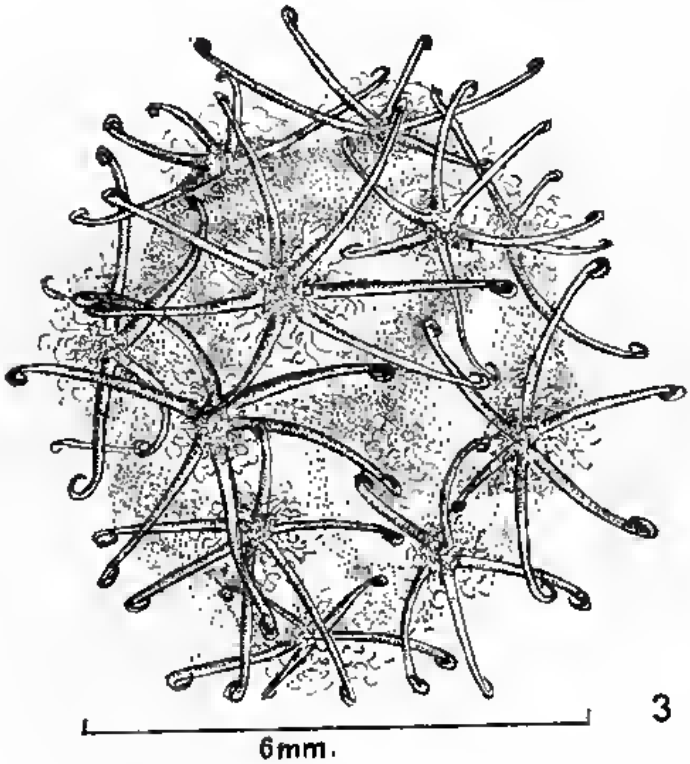
Source : MNHN, Paris



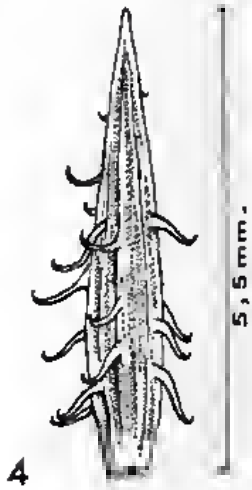
1



2



3



4

PLANCHE XII

Diaspores recouvertes d'appendices accrochants

1 .*Latipes senegalensis* Kunth; 2. *Tragus berteronianus* Schult.; 3. *Pupalia lappacea* (L.) Juss. aussi agrippante que la bardane européenne; 4. *Tragus racemosus* (L.) All..

Source : MNHN, Paris

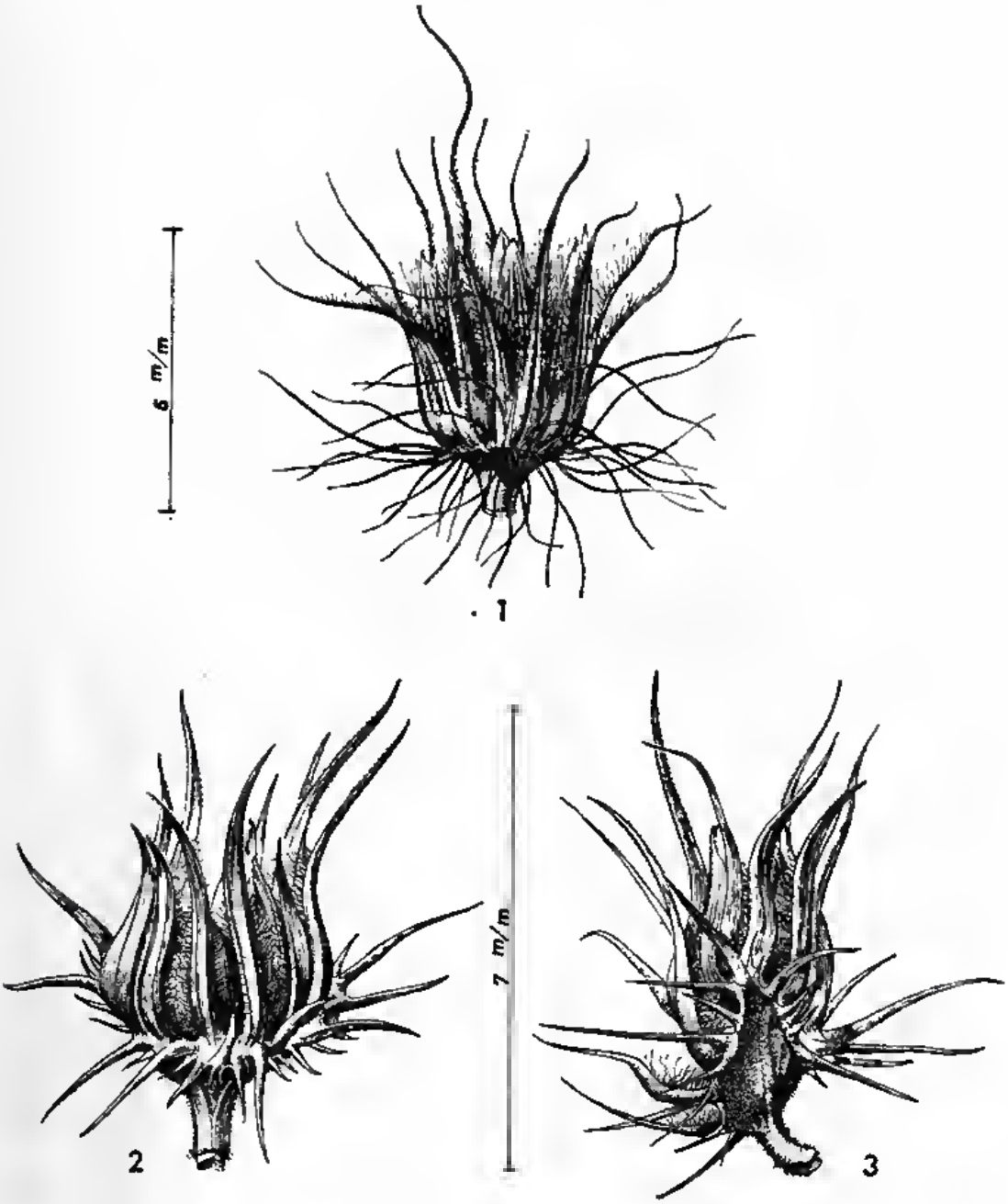
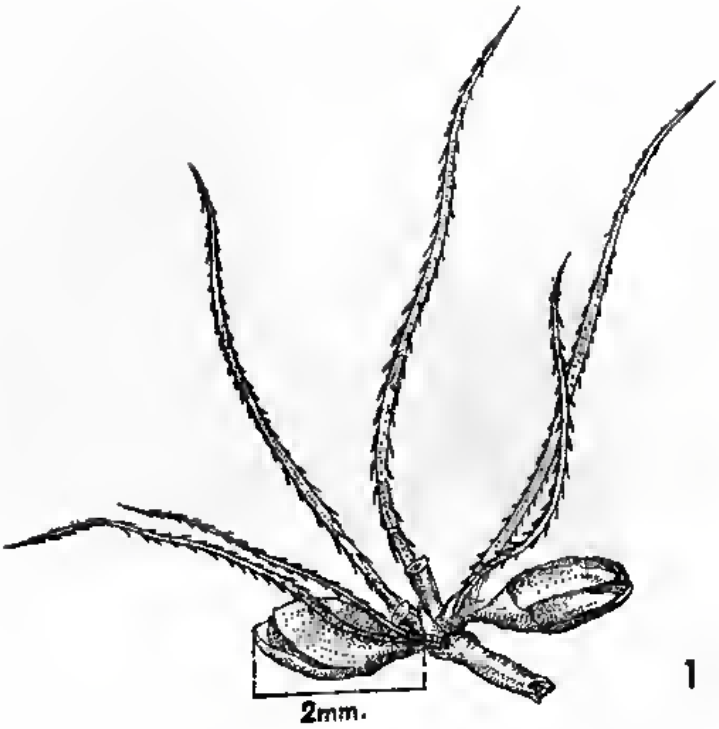


PLANCHE XIII

Diaspores épizoochores de *Cenchrus*

1. Épi entouré de nombreuses arêtes de *Cenchrus ciliaris* L.; 2. Épi mûr de *Cenchrus biflorus* Roxb., entièrement entouré d'arêtes épineuses; 3. Même épi vu légèrement par en-dessous.

Source : MNHN, Paris



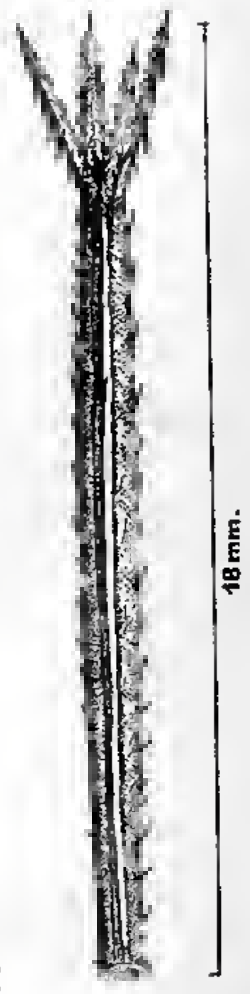


PLANCHE XIV

Diaspores munies de soies rétrobarbulées

1. *Setaria verticillata* (L.) Beauv.; 2. akène de *Bidens pilosa* L..

Source : MNHN, Paris

c. *Diaspores à callus perforant.*

Les semences des *Aristida* sont construites sur un type bien particulier : l'akène lui-même très allongé est terminé d'un côté par une pointe indurée accompagnée d'une touffe de poils courts (callus) et de l'autre par une colonne souvent torsadée surmontée de trois arêtes dont la médiane peut être plumeuse. Cet édifice est un instrument merveilleux de dissémination, adapté aux grands espaces désertiques. L'exemple le plus étonnant est certainement celui de l'*Aristida hirtigluma* Steud. ex Trin. et Rupr. : la longue arête médiane plumeuse de 5 à 7 centimètres de longueur soulève la diaspore dans les airs; puis au terme de sa course le callus intervient en faisant office de pointe et permet à l'akène proprement dit soit de s'implanter dans un animal, soit de pénétrer dans l'intervalle des grains de sable ou des particules de gravier ou de cailloutis. Dans un troisième temps la colonne torsadée entraînée par l'arête plumeuse (qui fait un angle de 45° avec elle), elle-même mise en mouvement par le vent, se met à tourner, et exactement comme le ferait une vrille, enfonce l'akène dans le sol. La diaspore est comparable à une authentique chignole miniature de mécanicien. Chaque partie de l'édifice remplit un rôle particulier.

Les diaspores des *Aristida* sont toutes capables de se fixer par leur callus sur les toisons des animaux et d'y être retenues même si la colonne casse (il y a dans certaines espèces une ligne de suture selon laquelle se fait la séparation) : *Aristida ciliata* Desf., *Aristida funiculata* Trin. et Rupr., *A. pallida* Steud., *A. longiflora* Schum. (ces espèces possédant en même temps les callus les plus vulnérants).

Il est certain que cette adaptation très poussée des semences des *Aristida* a largement contribué à la distribution du genre.

Les disspores de *Chrysopogon Aucheri* Stapf var. *quinqueplumis* (A. Rich.) Stapf se piquent volontiers par leur callus couvert de poils roux sur le pelage des animaux, mais ne s'y enfoncent pas profondément.

d. *Diaspores recouvertes de poils laineux entremêlés.*

Certaines diaspores sont entièrement habillées de poils dont les extrêmités emmêlées leur permettent de se fixer soit les unes aux autres soit sur toute surface laineuse comme la robe des animaux. Mais à la différence des dispositifs précédents à crochets, l'attache est ici assez provisoire et les semences arrivent à se détacher. Telles sont les diaspores d'*Aerva javanica* (Burm. f.) Juss. ex Schult., et de quelques Malvacées comme *Hibiscus micranthus* L. et de *Gossypium somalense* (Gürke) J. B. Hutch. et *G. anomalum* Wawra.

e. *Diaspores à poils glanduleux et visqueux.*

Les poils glanduleux et visqueux qui entourent les diaspores des Nyctaginacées constituent un système excellent de fixation. A l'époque de leur maturité, au moindre frottement de l'animal, les semences sont retenues sur ses poils et sont véhiculées jusqu'au moment où il se couche; elles s'imprègnent alors de sable et leur viscosité diminuant, elles finissent par tomber. Les différentes espèces de *Boerhaavia* et de *Commicarpus* donnent des semences de cette nature, les plus adhésives étant celles des *Commicarpus* en raison de leurs grosses glandes sommitales.

Certaines plantes glanduleuses entières ou par fragments peuvent se coller occasionnellement sur les bêtes : *Anticharis linearis* (Benth.) Hochst. ex Aschers., *Anticharis glandulosa* Aschers., *Limeum viscosum* (Gay) Fenzl.

B. Diaspores endozoochores

Ces diaspores au lieu d'être transportées fixées sur l'animal sont avalées par lui, passent dans son tube digestif, et sont restituées au milieu ambiant avec ses excréments.

a. *Graines des Acacia.*

L'illustration la plus remarquable de ce mode de dissémination est fournie par les graines de l'*Acacia raddiana* Savi. Celles-ci, aux téguments très durs, ne peuvent germer et laisser passage à la gemmule que s'ils ont été rammolis suffisamment : opération longue qui demande normalement plusieurs saisons des pluies, mais qui est avantageusement remplacée par l'action des sucs digestifs. Le moyen de propagation est devenu en même temps le facteur presque indispensable de germination. La venue de plantules d'*Acacia raddiana* Savi direc-

IHN, Paris

PLANCHE XV

La diaspore d'*Aristida hirtigluma* Steud. ex Trin. et Rupr. cumule plusieurs dispositifs de dissémination : une soie plumeuse, une colonne torsadée, un callus perforant.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XVI

Diaspores d'*Aristida* à callus perforant leur permettant de se piquer dans le sable ou les gravillons

1. *Aristida rhiniochloa* Hochst.; 2. et 3. *Aristida funiculata* Trin. et Rupr.; 4. *Aristida longiflora* Schum..

7 564022 6.

Source : MNHN, Paris

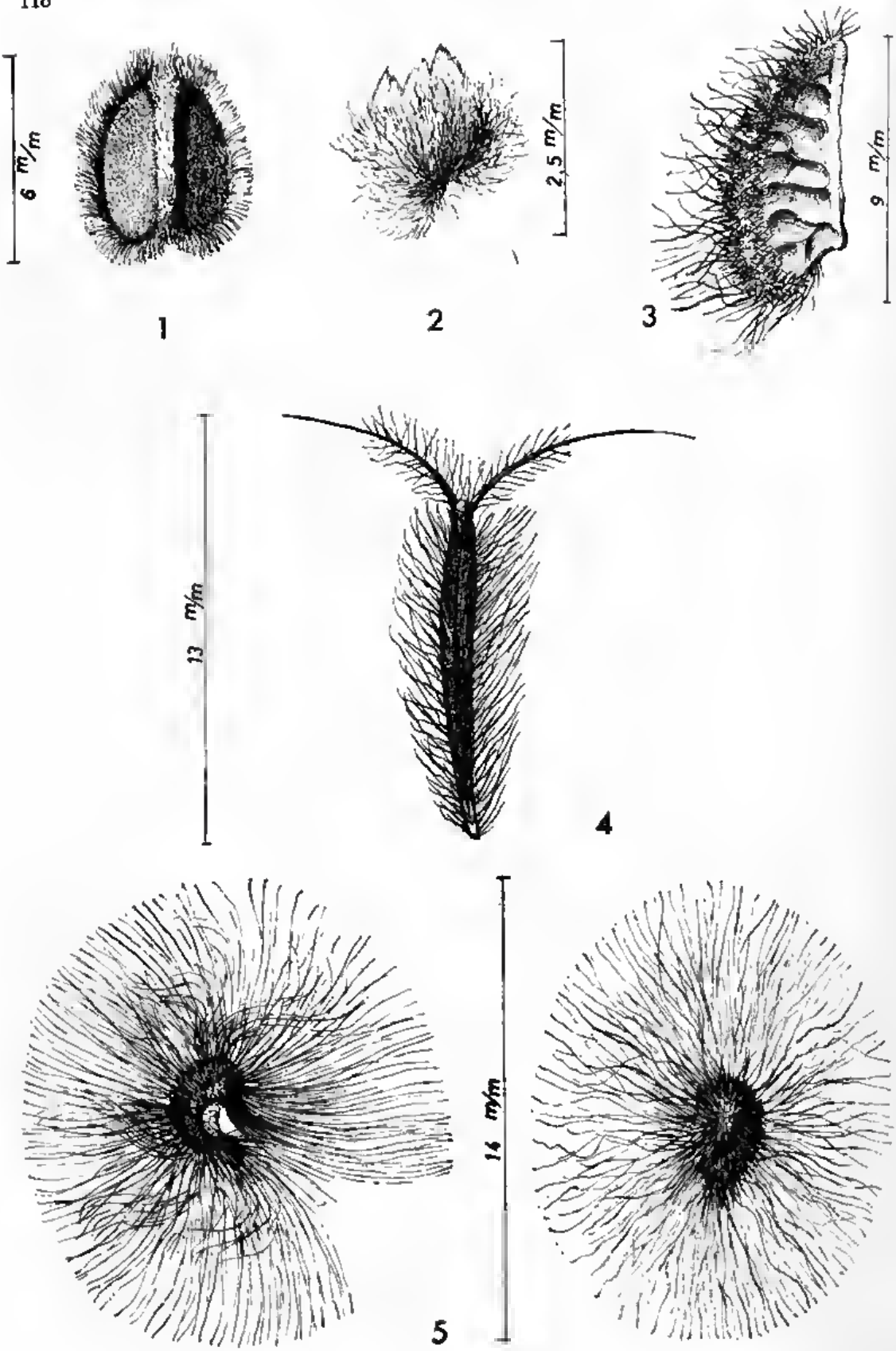


PLANCHE XVII

Exemples de diaspores recouvertes de poils laineux

1. Graine de *Ipomoea sinensis* (Desr.) Choisy; 2. Fragment d'infrutescence d'*Aerva javanica* (Burm. f.) Juss. ex Schult.; 3. Fragment de fruit de *Tribulus ochroleucus* Maire; 4. Akène de *Bidens minuta* B. de Miré et Gillet; 5. Graine d'*Hibiscus micranthus* L..

Source : MNHN, Paris

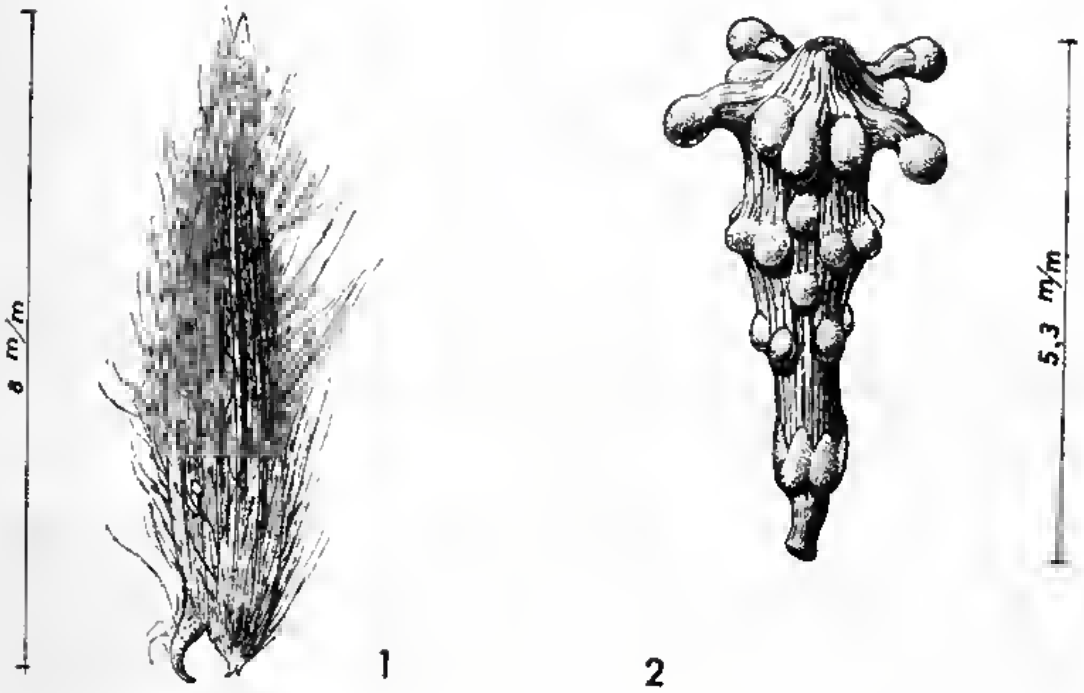


PLANCHE XVIII

1. Glumelle inférieure de *Schmidtia pappophoroides* Steud. légèrement déchirée à la base, couverte sur le frais de petits poils glanduleux; 2. Fruit de *Commicarpus verticillatus* (Poir.) Standl., couvert de grosses glandes.

Source : MNHN, Paris

tement implantées dans les crottes des chameaux est d'observation courante sur les pistes chamelières quelques jours après les premières pluies.

De même l'abondance en début de saison des pluies des plantules d'*Acacia raddiana* Savi sur les reposoirs à bestiaux, autour des anciens campements, aux abords des puits, des gueltas et des abreuvoirs, et tout emplacement où le bétail est amené à longuement stationner, est tout à fait révélatrice (abords de la guelta Woiri, 20 juillet 1964; Keili Ketémé emplacement d'un ancien ferrik, 28 juillet 1964). Sur place la densité des jeunes semis est telle que l'on peut parler de véritables groupements à plantules d'*Acacia*. Une proportion infime de ces individus arriveront à se développer, mais il n'empêche que l'accroissement du bétail est la cause directe de l'extension des fourrés d'épineux autour des puits et des lieux habités. La densité arborée de la plaine de l'O. N'Dou et principalement autour des puits n'a pas d'autre origine. En présence du bétail les *Salvadora persica* L. reculent devant les *Acacia raddiana* Savi et *A. laeta* (R. Br.) ex Benth. qui deviennent envahissants. Bel exemple quelque peu paradoxal de formation de fourrés opérée par les animaux domestiques.

L'installation des *Acacia* dans les coins les plus insolites s'explique de cette manière.

La pulpe sucrée des fruits de *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. est très appréciée des Perruches à collier (*Psittacula Krameri*) qui, avalant en même temps les graines, contribuent à la diffusion de l'arbre.

b. *Drupes et baies.*

Les fruits à pulpe entrent pour une grande part dans l'alimentation de certains oiseaux, en particulier des Turdidés. Ceux-ci deviennent alors d'excellents agents de dissémination et la répartition de certains arbres fruitiers qui ne répond à aucune loi bien définie s'explique fort bien de cette manière.

Les oiseaux avalent le fruit en entier sans le dissocier et rejettent intacts les noyaux ou les graines dans leurs excréments.

— Datte.

Les *Phoenix dactylifera* L. cultivés de la palmeraie de Fada attirent à l'époque des dattes (première quinzaine de juillet) des quantités de Corbeaux-pie qui en font une grande consommation. Les fruits des *Phoenix* sauvages sont consommés par le Bulbul commun (*Pycnonotus barbatus* Arsinal Lichtenstein) ce qui peut expliquer la curieuse distribution de cet arbre qui dans l'Ennedi croît souvent dans des lieux aussi invraisemblables qu'inaccessibles (niveaux suintants perchés le long des gorges, niveaux de sources débouchant sur des falaises abruptes, etc.).

— Fruits visqueux.

En saison sèche les baies blanches des *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir. sont activement recherchées par les Étourneaux à ventre roux (*Spreo pulcher* Müller) et il est sûr qu'à certaines époques de l'année *Boscia* et *Spreo* forment une association écologique.

Les petites baies blanc rosé et gluantes du *Salvadora persica* L. qui ont l'avantage de persister longtemps sur l'arbre, constituent une nourriture de choix pour les Cratéropes fauves (*Turdoides fulva acaciae* Lichtenstein). On voit mal comment les baies de cet arbre pourraient s'évader de l'environnement immédiat du pied mère sans l'intervention des oiseaux. Il en est d'ailleurs ainsi de toutes les baies gluantes et visqueuses qui sont obligées par leur poids de tomber au pied de l'arbre producteur et par leur viscosité de rester collées à leur support. Dans ce cas le rôle des oiseaux frugivoires est important.

Citons encore dans cet ordre d'idées les baies orangées des *Cordia Rothii* Roem. et Schult. et surtout les drupes rouge vermeil des *Capparis decidua* (Forssk.) Edgew., arbre dont la présence à l'état isolé dans des coins perdus ne manque pas d'étonner. Les deux espèces de *Tapinanthus* de l'Ennedi, *Tapinanthus acaciae* et *Tapinanthus globiferus* (A. Rich.) Van Tiegh. sont propagées par les oiseaux. Parmi les oiseaux sédentaires qui propagent les fruits visqueux, nommons encore le Traquet podobé (*Cercotriches podobe* Müller) et deux espèces de Barbus : le Barbu de Vieillot (*Lybius Vieilloti* Leach.) et le Trachyphone perlé (*Trachyphonus margaritatus* Cretzchmar).

c. *Faux fruits.*

Les *Ficus* tropicaux (il y en a trois espèces dans l'Ennedi) donnent des figues très appréciées non seulement de certains oiseaux, mais des singes et en particulier des Cynocéphales.

Les petits akènes contenus dans la figure qui sont les véritables fruits, se retrouvent intacts dans les excréments. Il semble probable que les *Ficus* accrochés ou suspendus sur les parois les plus abruptes et sur les falaises les plus élevées ont une telle origine. On ne voit pas de quelle autre façon ils auraient pu s'y implanter. L'association Cynocéphales *Ficus teloukat* Batt. et Trab., si inattendue soit-elle, correspond dans l'Ennedi à une réalité (gorge Akiabané, Kennemena, Maya, Koboué, etc.).

5° Diaspores ombrohydrochores

Ce terme forgé par Muller désigne les spores véhiculées par les eaux de pluie. Dans un pays tel que l'Ennedi où les roches nues occupent de vastes surfaces et où le ruissellement est intense, l'écoulement des eaux de pluie le long des ravinelles pluviales est un des facteurs les plus actifs de dissémination. C'est même, affirmons-nous, le plus important sur toutes les parties déclives. L'homogénéité de la flore des ravinelles vient à l'appui de cette assertion. Il est bien rare qu'une espèce présente dans la partie supérieure d'une rigole ne se retrouve pas tout le long de son parcours. L'esu est le véhicule normal de dissémination de toute une série d'espèces alticoles qui ne se rencontrent que le long des torrents et des ravins de l'étsge montagnard, bien que leurs diaspores ne aoient pas spécialement ombrohydrochores : *Celosia populifolia* Moq., *Grewia bicolor* Juss., *Grewia flavescens* Juss., *Crotalaria laburnifolia* L., *Bidens minuta* B. de Miré et Gillet, *Hypoëstes verticillaris* (L. f.) Soland. ex Roem. et Schult., *Orthosiphon pallidus* Royle ex Benth., *Anthephora Hochstetteri* Neea ex Hochst., *Enteropogon macrostachyus* (Hochst.) Munro ex Benth..

La force des eaux qui s'écoulent dans les ouadis après chaque grosse pluie est terrifiante. Des arbres entiers sont emportés et disloqués, et leurs débris (branchea entremêlées, et même troncs entiers) se retrouvent à 2 ou 3 mètres au-dessus du lit et témoignent de la violence des éléments.

Toutes les diaspores, quelle que soit leur forme, sont susceptibles par flottage ou même simplement en étant entraînées ou roulées par le coursnt, d'être transportées fort loin. C'est de cette façon que les diaspores des plantes, vivant sur les bancs de sable bumide, se propagent : akènes des *Cyperus iria* L., et des *Mariscus aristatus* (Rottb.) Cherm., caryopses des *Eragrostis diplachnoides* Steud. et des *Eragrostis pilosa* (L.) Besuv..

Le long des ouadis, après les crues, au niveau des plus hautes eaux ou à la base des banquettes, apparaît toute une végétation d'annuelles dont les graines ont été de toute évidence transportées par les eaux. Dans de pareilles conditions le long d'un affluent de l'O. Korrou ont été observés, le 18 août 1964 : *Cenchrus biflorus* Roxb., *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Beauv., *Tragus berteronianus* Schult., *Brachiaria Hagerupii* Hitchcock, *Aristida adscensionis* L., *Amaranthus graecizans* L., *Giesekia pharnacioides* L., *Cyamopsis senegalensis* Guill. et Perr., *Phyllanthus rotundifolius* Klein ex Willd..

Dans d'autres relevés, la plupart de ces plantes se retrouvent, souvent avec *Chloris virgata* Sw. en plus.

Le transport par les eaux est donc beaucoup plus une question d'opportunité que d'adaptation.

6° Fruits autochores

Les fruits autochores sont capables par un processus mécanique d'expulser leurs graines à une certaine distance de la plante. Quelques fruits dans l'Ennedi utilisent ce procédé. La séparation, suivie de l'enroulement de leurs deux valves des gousses de *Tephrosia* développe une force telle que les graines sont projetées dans un rayon de plusieurs mètres. Le phénomène est d'autant plus spectsculaire que la déshydratstion eat plus rapidement réalisée, par exemple si la Papilionacée qui se trouve à l'ombre à l'aplomb d'une falaise est exposée brusquement au soleil de midi (observation faite le 10 octobre 1964 à Déli sur *Tephrosia leptostachya* DC. et *Tephrosia uniflora* Pers.). La déhiscence est accompagnée d'un craquement sec très perceptible.

Des déhiscences aemblables s'observent chez *Cassia absus* L. et *Cassia nigricans* Vahl.

Les trois valves des fruits tricoquea des *Euphorbia* peuvent sous l'action de la sécheresse se détendrent brutalement et projeter à une certaine distance leurs minusculea graines verruqueuses : *Euphorbia granulata* Forssk., *Euphorbia aegyptiaca* Boiss., *Euphorbia scordifolia* Jacq., entre autres.

Source : MNHN, Paris

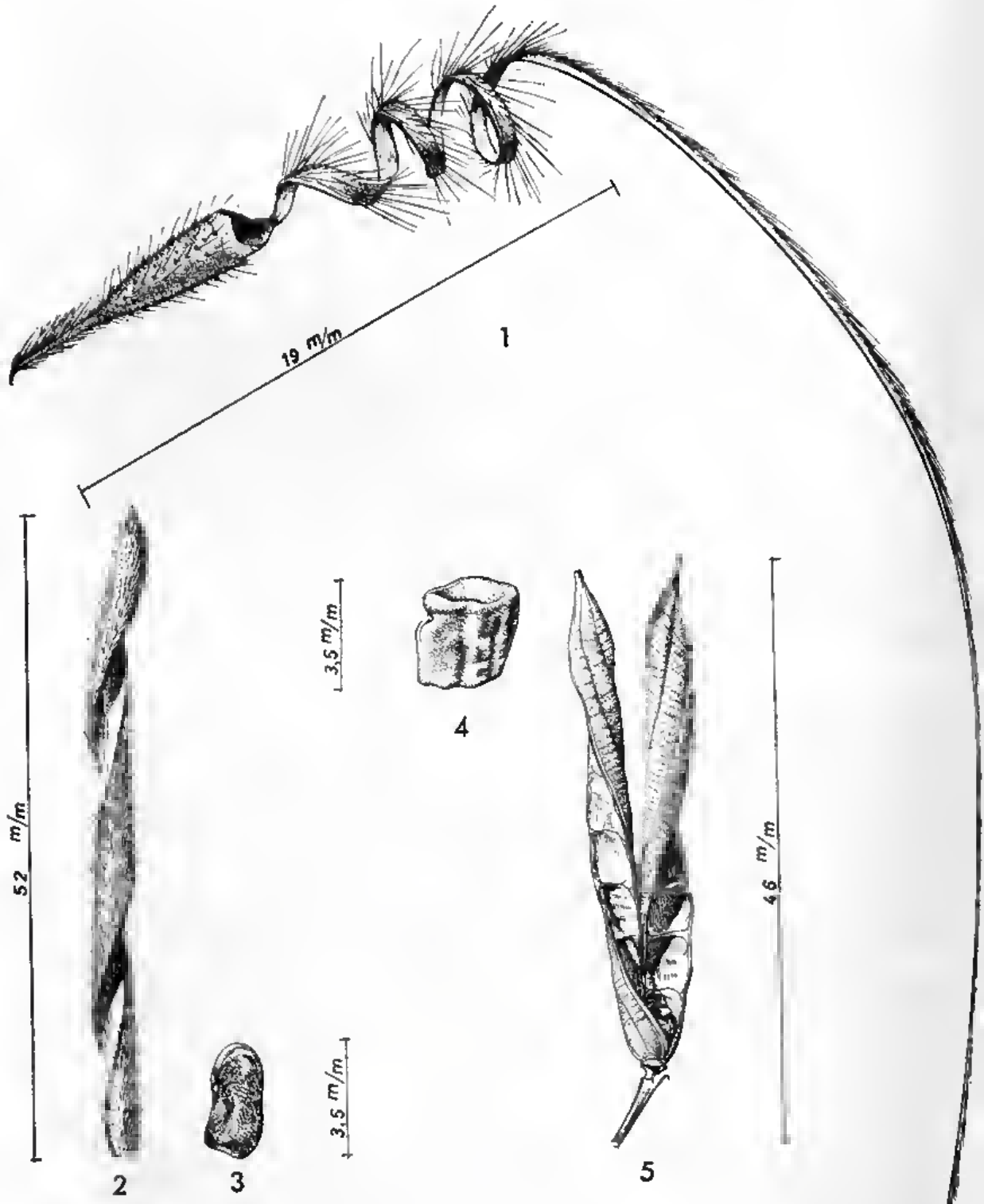


PLANCHE XIX

Exemples de disspores autochores

1. Graine de *Monsonia senegalensis* Guill. et Perr., dont le filament commence à s'enrouler; 2. Une des valves du fruit de *Tephrosia uniflora* Pers.; 3. La graine de la même espèce; 4. et 5. Graine et gousse de *Cyamopsis senegalensis* Guill. et Perr..

Source : MNHN, Paris

Enfin les akènes des *Monsonia senegalensis* Guill. et Perr. sont projetés dans les airs, lorsque les filaments aux extrémités desquels ils sont attachés se contractent brusquement sous l'action des variations hygrométriques.

7° Role des fourmis moissonneuses

L'arrivée de la saison des pluies est pour les fourmis le signal de départ d'une reprise de l'activité. Ces insectes infatigables disposent alors d'un sol consistant, rendu relativement compact par les pluies. Par un travail acharné, minutieux, elles ont agrandi et aménagé leur habitation. Les grains de sable sont saisis un à un et déposés à la périphérie sous forme d'une couronne circulaire, chef-d'œuvre d'art et de géométrie. Quelques semaines plus tard les premières diaspores tombent sur le sol. La nature tropicale est généreuse : les graines foisonnent sur le sol, les fourmis aussi. Alors va commencer à l'échelle miniature l'un des labeurs les plus gigantesques qui se puisse imaginer. Dans un rayon de plusieurs dizaines de mètres, autour de chaque fourmilière, nos insectes vont récolter tout ce qui est susceptible de fournir une ressource alimentaire en accordant une préférence marquée aux diaspores graminéennes. Véritable ruban vivant, elles vont suivre les avenues qu'elles ont tracées par leurs passages répétés, les unes partant à la recherche de quelque butin, les autres ramenant dans leurs mandibules le produit de leur trouvaille. Cette activité ne cesse qu'aux heures les plus chaudes de la journée, car les fourmis moissonneuses craignent la vive insolation.

Certaines diaspores sont nettement myrmécopbiles et peuvent être saisies plus facilement que d'autres par les mandibules de nos insectes. Telles sont par exemple celles de *Chrysopogon Aucheri* Stapf var. *quinqueplumis* (A. Rich.) Stapf qui vers leur base présentent un espace dénudé compris entre le callus et les touffes de poils du rachis de la fleur pédicellée. Saisissant l'objet par cet endroit la fourmi a toute liberté de manœuvre, n'étant pas gênée par la longue arête coudée qui est alors dirigée vers l'avant et vers le haut. Les épilleta de *Chloris barbata* Sw. possèdent une adaptation semblable, la diaspore allant en s'élargissant, mais elle se rétrécit à la base des arêtes des deux fleurs. L'insecte la tient en ce point et peut ainsi évoluer en toute aisance, les arêtes dirigées vers l'avant.

Au moment de l'aménagement de leur nouvelle demeure les fourmis rejettent les graines non consommées emmagasinées l'année précédente. Elles vont les déposer patiemment à la périphérie. Un certain nombre d'entre elles sont encore bonnes; en germant et en se développant elles entourent la fourmilière d'un rideau d'herbes, dont la luxuriance est frappante. Les espèces constituantes appartiennent bien sûr au décor environnant mais avec des proportions différentes.

Les fourmis exercent par leurs allées et venues répétées une action spéciale sur le sol qui ne supporte plus de plante sur une assez grande surface autour du trou principal de sortie. L'absence complète de plante sur l'auréole stérile ainsi définie fait impression.

Lorsque plusieurs fourmilières se trouvent réunies sur une aire restreinte, seules quelques plantes peuvent prendre place dans leur intervalle. Voici pour illustrer la composition de cette florule très spéciale, un relevé fait le 15 septembre 1964, près de l'O. Archi dans le Nord Ennedi dans un tel milieu :

Espèces	Coefficient d'abondance-dominance
Anticharis linearis (Benth.) Hochst. ex Aschers.	5
Aristida mutabilis Trin. et Rupr.	3
Euphorbia granulata Forssk.	2
Cenchrus biflorus Roxb.	2
Morettia canescens Boiss.	1
Aerva persica (Burm. f.) Merrill.	1
Latipes senegalensis Kunth	1
Trianthema pentandra L.	1
Giesekia pharnacioides L.	1

(Surface de référence : 10 m². — Pourcentage de recouvrement : R = 30 %.)

Source : MNHN, Paris

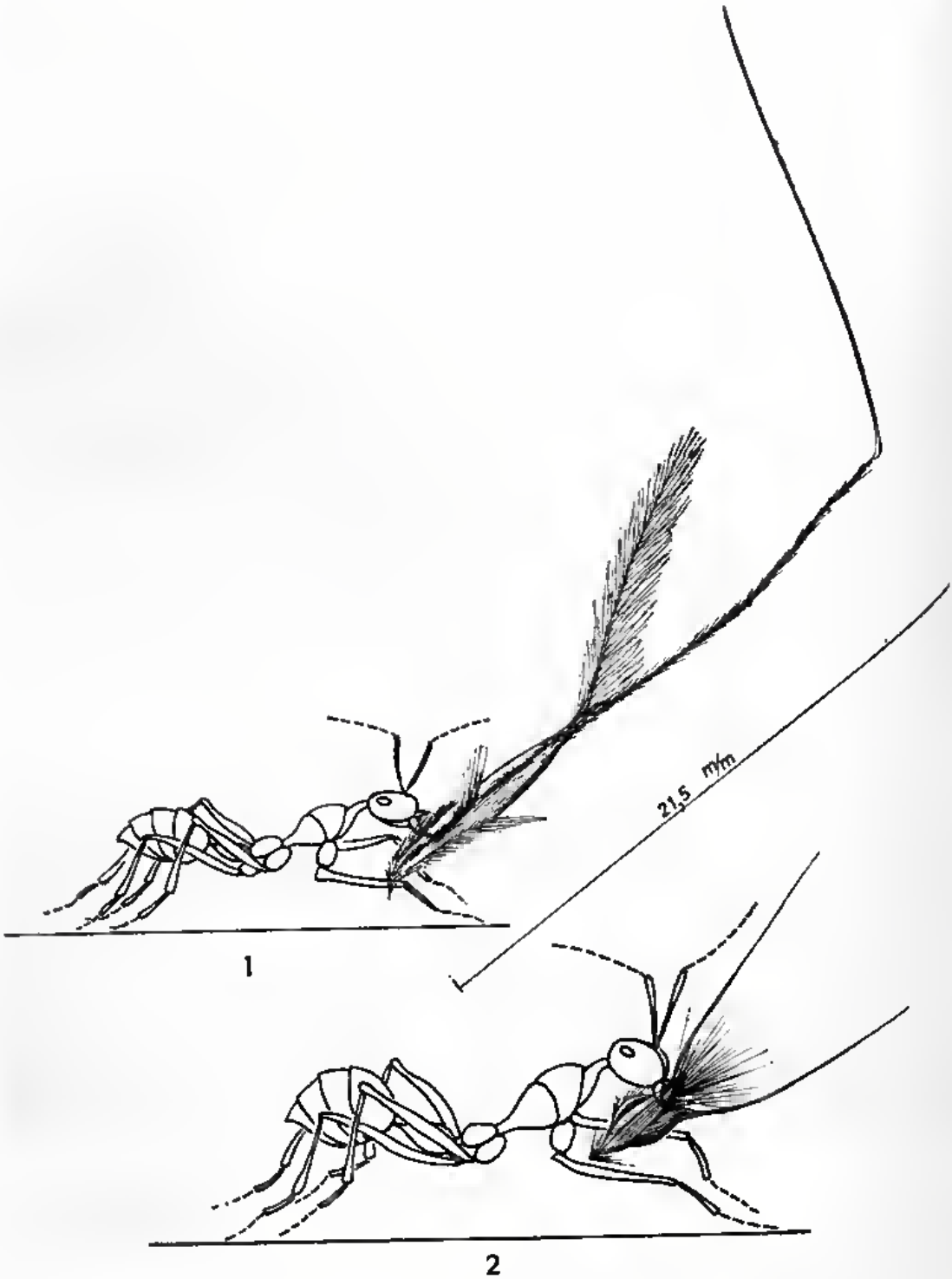


PLANCHE XX

Fourmis moissonneuses

1. Fourmi transportant une diaspore de *Chrysopogon Aucheri* Stapf var. *quinqueplumis* (A. Rich.) Stapf; 2. Fourmi transportant une diaspore de *Chloris virgata* Sw..

Source : MNHN, Paris

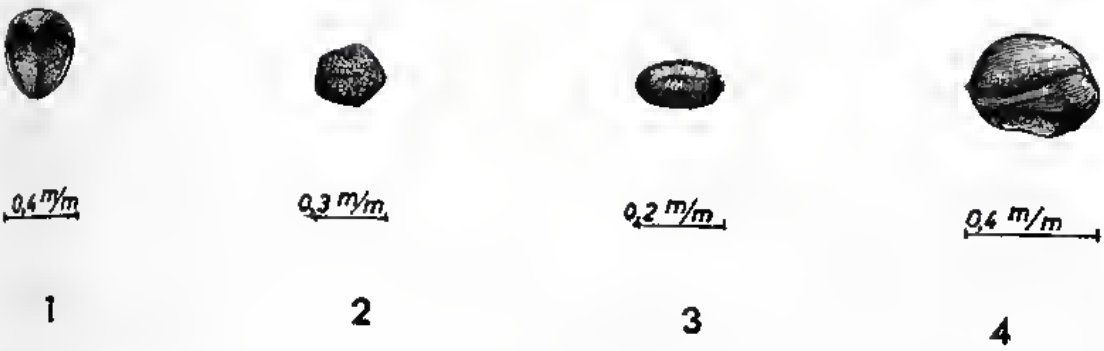


PLANCHE XXI

Diaspores susceptibles d'être transportées par les oiseaux limicoles migrateurs

1. *Ammannia senegalensis* Lam.; 2. *Oldenlandia capensis* L.; 3. *Oldenlandia corymbosa* L.; 4. *Ludwigia erecta* (L.) Hara.

Source : MNHN, Paris

Les affinités nitrophiles de cette florule (*Anticharis, Euphorbia, Cenchrus, Aerva, Trianthema*),ressortent nettement de la composition. La prolifération de l'*Anticharis linearis* est significative et est strictement limitée à l'aire intéressée.

Les magasins des fourmis moissonneuses sont si bien approvisionnés qu'en cas de disette, les autochtones n'hésitent pas à les éventrer pour s'emparer de leurs réserves.

8° Role des oiseaux migrateurs

Il est facile d'imaginer que certains oiseaux Ansériformes migrateurs peuvent emporter des semences dans les plis de leur palmure et qu'ils peuvent ainsi introduire des espèces à de grandes distances du lieu de leur prélèvement, c'est pourquoi cette explication facile est souvent évoquée, chaque fois que des anomalies apparaissent dans les répartitions géographiques des plantes paludicoles. Il convient d'être réservé à cet égard et de considérer souvent l'intervention des oiseaux comme hypothétique.

Bien que l'Ennedi soit sillonné chaque année par de très nombreux migrateurs dont certains même effectuent des stages de longue durée (Sarcelle d'hiver, Sarcelle d'été pour les migrateurs paléarctiques, et Oie d'Égypte, Oie caronculée, etc., pour les migrateurs tropicaux), peu d'introductions d'espèces leur sont imputables. Il en est une cependant qui peut être avancée : c'est celle du *Lemna paucicostata* Hegelm. ex Engelm. sur la grande mare de Fada. En effet cet hydrophyte totalement absent en cette station en 1957-1958-1959 a été observé très abondant à partir de 1962. Dès lors il apparaît comme hautement probable que cette lentille d'eau qui pullule dans toutes les mares d'hivernage du Centre et du Sud Tchad ait été amenée à Fada par quelque Palmipède pendant les années 1960 ou 1961.

Les espèces de la famille des Lythracées et de celle des Onagracées à graines extrêmement fines et ténues (plusieurs centaines sont nécessaires pour faire un gramme) sont particulièrement aptes à être transportées par les Limicoles. Les présences de l'*Ammannia senegalensis* Lam. et du *Ludwigia octovalvis* (Jacq.) Rav. subsp. *brevisepala* (Brenan) Rav. communs dans la grande mare de Fada qui est, ne l'oublions pas, une mare artificielle creusée par les hommes, peuvent être imputables avec beaucoup de vraisemblance à des oiseaux.

Il en est de même du *Cyperus laevigatus* L. si abondant dans les oasis sahariennes et qui n'a été reconnu dans l'Ennedi que sur les bords de cette même mare.

Il est enfin à envisager que le *Nesaea crassicaulis* (Guill. et Perr.) Koehne, dont une seule station est connue dans l'Ennedi (autour des suintements à Aga Dubé) ait une origine analogue (la plante est connue du Borkou à Kirdimi).

X. BIOCÉNOSES

1° L'Ennedi, refuge de biocénoses naturelles

L'Ennedi est un massif montagneux limité par des falaises abruptes, difficilement franchissables sauf en de rares passes empruntées par des pistes chamelières difficiles. C'est la principale raison pour laquelle il est resté et demeure encore en dehors des courants de circulation. S'aventurer dans l'Ennedi en s'écartant des rares pistes chamelières classiques est une véritable aventure. Personne ne la tente sauf quelques Goranes à la recherche de chameaux égarés, et encore ne quittent-ils pas les regs pierreux praticables pour ces animaux. L'Ennedi possède aussi cet immense privilège de livrer à l'explorateur des terres encore non foulées, des plateaux déchiquetés et isolés qui ne conduisent nulle part, des effondrements chaotiques, des labyrinthes sans fin de rochers inextricables dans lesquels il est possible de marcher pendant des journées sans savoir où l'on va ni d'où l'on est venu. De vastes portions du massif n'ont probablement jamais été parcourues par un être humain. Qu'irait-il y faire, le pauvre, livré à la seule force de ses biceps ou de ses jarrets?

L'Ennedi nous est donc livré tel qu'il a été moulé par l'action millénaire des facteurs de l'érosion. L'empreinte indélébile laissée par le passage de l'homme et de ses commensaux est encore absente sur de vastes portions. Il n'est guère de régions au monde où la nature y montre un visage plus pur, où la rencontre d'animaux sauvages qui n'ont jamais encore eu de contact avec l'être humain soit si fréquente. C'est un pays où vie animale et vie végétale s'intègrent harmonieusement dans le paysage, où les biocénoses s'étalent dans leur intégrité ou n'ont été que peu altérées. Celles-ci revêtent de nombreux aspects. Allons à la découverte des plus caractéristiques.

Source : MNHN, Paris

2° Bastions rocheux accessibles aux seuls Mouflons

Ces bastions comparables à de gigantesques citadelles, si impressionnantes avec leurs remparts verticaux semblant monter à l'assaut du ciel, constituent certainement le biotope le plus extraordinaire de l'Ennedi. Que ce soit le Mont Déli, le Mont Aloba, le massif de Bachikélé, pour n'en citer que quelques-uns, ils ont tous été forgés à la même échelle, construits suivant le même style et burinés aussi fortement. Énormes blocs de grés siluriens ayant résisté à l'érosion, ils sont limités extérieurement par des parois abruptes ou des dômes aux parois paraboliques défiant l'ascension, et se terminent au sommet par une surface irrégulière d'un tenant de plusieurs kilomètres carrés où les plates-formes alternent avec les enchevêtrements chaotiques les plus inattendus.

Les tonnes d'eau déversées sur ces massifs à chaque saison des pluies, en s'écoulant vers la périphérie, ont sculpté les grès jusqu'à l'invraisemblance. Elles ont taillé des crevasses et des précipices vertigineux, creusé des citernes naturelles échelonnées le long de goulottes démesurées.

Ce décor grandiose est le domaine incontesté et absolu du Mouflon à manchette *Ammotragus lervia* Pallas. Lui seul peut se permettre d'escalader les abrupts en quelques bonds dont la sûreté n'a d'égal que la précision. Lui seul peut avoir accès à ces gueltas perchées, suffisamment profondes et protégées du soleil pour contenir de l'eau toute l'année. L'animal est taillé pour le rocher, et les bastions de l'Ennedi sont façonnés pour lui. Il s'aménage sur les plates-formes dominantes des gîtes douillets où en famille il pourra se reposer. Il est assuré de trouver, à sa convenance, une nourriture qui est son exclusive propriété. Les *Cymbopogon schœnanthus* (L.) Spreng., *Tephrosia nubica* (Boiss.) Bak., *Aristida papposa* Trin. et Rupr. seront ses aliments de base. Mais au cours de ses promenades il aura tout loisir de grapiller les quelques herbes installées sur certaines plates-formes ensablées et dont voici quelques relevés :

	I	II	III
Aerva persica (Burm. f.) Merrill	3		
Eragrostis pilosa (L.) Beauv	2		3
Eragrostis ciliaris (L.) R. Br.			1
Polycarpaea corymbosa (L.) Lam.	1		1
Mollugo nudicaulis Lam.	1		
Mollugo cerviana (L.) Seringe	1	1	
Aristida mutabilis Trin. et Rupr.	1		
Indigofera viscosa Lam.	1	1	
Tephrosia nubica (Boiss.) Bak.		2	
Cymbopogon schoenanthus (L.) Spreng.			1
Pulicaria undulata (L.) C.A. Mey.		+	
Anticharis glandulosa Aschers.		1	
Anticharis linearis (Benth.) Hochst. ex Aschers.			1

I : plage de 4 mètres carrés sur dôme Est du Mont Déli; R = 5 %, 10 octobre 1964.
II : plage de 5 mètres carrés, dôme principal du Mont Déli; R = 10 %, 11 octobre 1964.
III : plage de 6 mètres carrés, dôme principal du Mont Déli; R = 4 %, 11 octobre 1964.

ou encore de s'attarder sur les rudiments de pelouse qui bordent les gueltas et où il trouve quelques herbes savoureuses :

	I	II
Schoenefeldia gracilis Kunth	2	2
Cyperus aristatus Rottb.	2	2
Borreria compacta (Hochst.) K. Schum	2	2
Eragrostis pilosa (L.) Beauv.		5
Eragrostis ciliaris (L.) R. Br.	1	
Kyllinga triceps (Rottb.) Endl.		1
Sporobolus pellucidus Hochst.		1
Dactyloctenium aegyptium (L.) Besuv.		1
Cyperus Meelboldii Kük.		2

Source : MNHN, Paris

	I	II
Heliotropium undulatum Vahl		1
Aerva persica (Burm. f.) Merrill	1	
Panicum turgidum Forssk.	1	
Aristida mutabilis Trin. et Rupr.	1	
Anticharis linearis (Benth.) Hochst. ex Aschers.	1	
Salvia aegyptiaca L.	1	
Heliotropium rariflorum Stocks	1	

I et II : Mont Déli, 11 octobre 1964, S = quelques mètres carrés.

Au hasard de ses déplacements, il lui arrivera de rencontrer une plante prostrée, aux rameaux et aux feuilles crassulescentes, dont il ne laissera que le pivot central entouré de quelques moignons dénudés : *Corbichonia decumbens* (Forssk.) Exell.

De temps en temps le long des lignes d'écoulement, à faible pente, il se régalera des pousses parfumées du *Stylosanthes flavicans* Bak..

3° Zone arborée dense, refuge de l'avifaune

Il arrive que le cours de certains ouadis importants, après avoir cheminé longuement dans les rocailles, s'élargisse brusquement soit à la faveur d'une plaine intérieure, soit au débouché du Massif. Les eaux s'étalent alors en une large nappe et déposent des limons. Le sol, qui a le double avantage d'offrir une certaine richesse et de retenir un certain temps l'humidité, conviendra parfaitement à l'installation d'une strate arborée dense. Telles sont les dépressions de Nohi Chilio ou les zones d'épandage d'Archeï et de l'O. N'Dou.

a. *Analyse succincte de la strate urborée.*

Vue d'avion, la zone, par la densité de sa couverture arborée, fait singulièrement contraste avec l'aridité environnante. Elle donne l'impression d'une forêt, mais en réalité les arbres et arbustes sont suffisamment espacés pour que de grands animaux comme les chameaux puissent circuler librement.

L'arbre le plus représentatif, surtout au centre de la zone, est le *Capparis decidua* (Forssk.) Edgew. Par ses rameaux enchevêtrés et ses fruits jnteux longuement persistants, il est l'habitat favori des Turdidés, l'Étourneau bronzé à ventre roux *Spreo pulcher*, le Merle podobé *Cercotrichas podobe*. Puis dans l'ordre d'importance décroissante viennent les *Acacia raddiana* Savi, les plus élevés, les *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir. au tronc lisse et au feuillage coriace et persistant, les *Maerua crassifolia* Forssk. et quelques *Balanites aegyptiaca* (L.) Del.. Rongé par les dents des animaux, le *Cadaba glandulosa* Forssk. est toujours présent à l'état disséminé. Signalons également le *Cadaba farinosa* Forssk. qui ,très recherché par le bétail, ne peut se développer que s'il trouve refuge au sein d'arbres mieux armés que lui : comme les *Capparis decidua* (Forssk.) Edgew.. Enfin, s'il existe une nappe phréatique peu profonde (O. N'Don) les *Salvadora persica* L. deviennent dominants et abritent la faune locale dans leurs buissons extrêmement touffus.

b. *Analyse succincte de la faune.*

— Oiseaux.

+ percheurs.

Une pareille concentration d'arbres ne manque pas d'attirer de nombreux oiseaux. Parmi les plus représentatifs et les plus typiques, nommons diverses espèces de tourterelles, la tourterelle rose et grise *Streptopelia roseogrisea* Bannerman et la tourterelle maillée *Stigmatopelia senegalensis* L. qui descendent à terre aux heures fraîches pour picorer leur nourriture et qui, le reste de la journée, demeurent perchées dans les *Acacia raddiana* Savi, deux espèces de calao aussi communes l'une que l'autre, le petit calao gris *Lophoceros nasutus* L. et le calao à bec rouge *Lophoceros erythrorhynchus* Tem.. Nommons aussi le colion huppé du Sénégal *Colius macrourus* L. se déplaçant en petites bandes d'arbre en arbre, le solitaire rollier d'Abyssinie *Coracias abyssinica* Hermann fidèle à ses *Acacia raddiana* Savi, les très communs moineaux de l'Ouest africain, *Passer griseus* Vieillot, etc.

Source : MNHN, Paris

+ coureurs.

La strate herbacée à base de Panicées [*Brachiaria ramosa* (L.) Stapf, *Echinochloa colona* Link, *Panicum laetum* Kunth, etc.] très fournie pendant la saison des pluies, laisse sur le terrain pendant la saison sèche une quantité innombrable de graines, type millet, base de la nourriture non seulement de nombreux granivores — notamment des tourterelles précédentes — mais de Gallinacés gros consommateurs, comme la Pintsde à barbillons bleus *Numida meleagris* L. et le Francolin de Clapperton *Francolinus Clappertoni* Chilar. L'abondance de ces oiseaux peut paraître surprenante en saison sèche dans un tel milieu où, bien que le couvert arboré soit dense, le tapis graminéen est réduit à des pailles. Elle se comprend parfaitement si l'on considère l'association fourrés denses, qui servent de refuge aux oiseaux pendant les heures brûlantes de la journée, et graines amylifères fournies en grande quantité par les Graminées précédentes, auxquelles il convient d'ajouter *Urochloa lata* Hubbard, *Setaria verticillata* (L.) Beauv. et *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Beauv.. La production élevée de ce milieu en éléments à haute valeur énergétique, susceptibles d'être utilisés toute l'année par les oiseaux adaptés, est certainement le caractère le plus remarquable de la biocénose.

— Mammifères.

La zone arborée dense, par les repaires tout trouvés que fournissent les fourrés et leurs racines, abrite des Mammifères qui y vivent en permanence. Mentionnons l'Ecureuil fouisseur *Euxerus erythropus* E. Geoffroy qui creuse un terrier dans lequel il emmagasine toutes sortes de graines et de fruits, et le lièvre africain, *Lepus Cretzschmari*, qui trouve dans les buissons compacts de *Salvadora persica* L. des gîtes à sa convenance. Ces lieux sont fréquentés par les carnivores classiques : chacals et hyènes.

4° Gorges profondes, repaire des Cynocéphales

Les Cynocéphales — « comme l'homme », disent les Goranes — boivent tous les jours. En permanence menacés par leur ennemi mortel la panthère, ils ne se sentent nulle part ailleurs plus à l'aise que le long des falaises les plus abruptes où, tirant parti de la moindre aspérité, ils sont passés maîtres dans l'art de l'escalade. Ces deux conditions sont parfaitement remplies dans certaines gorges de l'Ennedi, au fond desquelles de l'eau libre, fournie par des niveaux de sources, coule en permanence : Aloba, Bachikélé, Koboué, Akiabané, Kennemena, Maya, Attela.

Dans ces gorges dont certaines sont si retirées qu'elles n'ont jamais été visitées par l'homme, la rencontre de bandes de Babouins, réellement fascinés à notre vue, est l'un des événements les plus inédits de nos missions. L'attitude de ces singes, énormément intrigués par l'arrivée de ces étranges bipèdes qu'étaient pour eux les hommes, fournissait matière à un sketch du plus haut comique. Les simiens s'approchaient tout près de nous, nous dévisageaient avec une mine ébaudie et nous escortaient.

Ils vivent là coupés maintenant du reste du monde, prisonniers de leur source, rassemblés en quelques familles qui, si elles peuvent boire à satiété, ne peuvent plus guère manger à leur faim. De quoi disposent-elles? Des produits d'une flore qui, comme elles confinée sur un espace étroit, ne peut plus proliférer : figues des *Ficus teloukat* Batt. et Trab., des *Ficus ingens* (Miq.) Miq., dattes des *Phoenix dactylifera* L. sauvages, noix *d'Hyphaene thebaica* (L.) Mart. fruits des *Adina microcephala* (Del.) Hiern, des *Grewia tenax* (Forssk.) Fiori et *Grewia villosa* Willd., pousses de *Panicum turgidum* Forssk. et sans doute rhizomes de *Typha angustifolia* L. var. *australis* (Schum. et Thonn.) Graebner, de *Fuirena umbellata* Rottb., de *Saccharum spontaneum* L. subsp. *aegyptiacum* (Willd.) Hack., peut-être aussi arrivent-elles à dénicher quelques œufs de poules de rocher et à attraper quelques damans. Le vide animal relatif peut être constaté autour des repaires de Cynocéphales.

XI. GROUPEMENTS VÉGÉTAUX
(Résumé)

Volontairement nous nous sommes dispensés dans le cadre de ce travail de parler des groupements végétaux, tant serait complexe et longue leur étude si nous désirerions la traiter avec quelque détail. Nous nous bornerons simplement ici d'esquisser dans les grandes lignes l'allure sur le plan sociologique de la végétation de l'Ennedi. Nous distinguerons dans ce cadre :

Source : MNHN, Paris

1° Les grandes plaines sablonneuses de dégagement

Il est possible de dire que le type de végétation le plus courant dans ces plaines est une steppe à *Panicum turgidum* Forssk. dominé par des *Acacia raddiana* Savi (5 à 6 arbres à l'ha). De nombreuses variantes existent : steppe à *Cyperus conglomeratus* Rottb. notamment dans les zones piedmont périphériques et steppes à *Aristida longiflora* Schum. ou à *Aristida ciliata* Desf. ou à *Latipes senegalensis* Kunth, en altitude.

2° Les plateaux pierreux supérieurs

La végétation en altitude sur les plateaux revêt un aspect assez diffus. Un petit *Acacia* au port typique l'*Acacia mellifera* (Vahl) Benth. appartient véritablement au paysage. Les pierres amoncelées sont peuplées par tout un cortège de chaméphytes : *Ruellia patula* Jacq., *Achyrocline luzuloides* Vatke, *Argyrolobium abyssinicum* Jaub. et Spach, *Vernonia Aschersonii* Schultz Bip., *Hibiscus micranthus* L., *Seddera latifolia* Steud. et Hochst. etc.. Pour peu qu'il y ait une pente, les ravinelles à *Chrysopogon Aucheri* Stapf var. *quinqueplumis* (A. Rich.) Stapf rassemblent l'essentiel de la végétation. On remarque leurs lignes mollement ondulantes à travers tout l'étage supérieur. *Indigofera suaveolens* Jaub. et Spach est presque toujours présent.

Une mention spéciale doit être accordée à ces taches limoneuses si communes, sorte de flaque temporaire ou mare de platière à *Oropetium thomaeum* (L. f.) Trin. et à *Tripogon minimus* (A. Rich.) Hochst. ex Steud..

3° Les ouadis

Le cours des ouadis, quelle que soit leur taille, se remarque toujours de loin par l'importance que prend la strate arborée. Les *Grewia*, avec *Grewia tenax* (Forssk.) Fiori et *G. villosa* Willd., *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir. se rencontrent partout.

Si l'ouadi appartient au plateau supérieur et si son lit laisse place à des berges, les arbres deviennent nombreux et variés : *Grewia flavescens* Juss. et *Grewia bicolor* Juss. sont fréquents; ainsi que *Ficus telaukat* Batt. et Trab., *Ziziphus mauritiana* Lam., *Albizia sericocephala* Benth., *Cordia Rothii* Roem. et Schult., *Dichrostachys glomerata* (Forssk.) Chiov.. Avec les pluies les berges deviennent très verdoyantes, couvertes qu'elles sont à 80 % de hautes thérophytes : *Bidens pilosa* L., *Chloris virgata* Sw., *Vernonia pauciflora* (Willd.) Less., *Blainvillea gayana* Cass., *Farsetia stenoptera* Hochst..

4° Les bas-fonds limoneux et argileux

Là où l'eau stagne quelques temps après les pluies, et en particulier dans les bas-fonds, la végétation annuelle croît avec tant de vigueur et de rapidité qu'en quelques semaines elle se présente sous forme d'une strate herbacée, touffue et compacte de l'ordre de 1 mètre de hauteur. Le sol n'est pas visible et il n'est pas possible de traverser ces « massifs de verdure » sans écraser de nombreuses tiges. Tels sont les groupements à *Cassia tora* L., à *Brachiaria ramosa* (L.) Stapf, à *Crotalaria podocarpa* DC., à *Astripomoea lachnosperma* (Choisy) Meeuse; c'est certainement là l'un des spectacles les plus inattendus que le botaniste puisse trouver dans le Massif au demeurant passablement austère.

5° Les grandes gorges

Ce sont, à en juger par les cortèges floristiques et par les groupements végétaux qu'elles hébergent, au moins à l'état fragmentaire, de véritables enclaves soudaniennes. Grâce à l'eau courante ou à une nappe phréatique proche de la surface, certains phanérophytes et les hélophytes prennent un grand développement.

Source : MNHN, Paris

TROISIÈME PARTIE

ANALYSE BIOGÉOGRAPHIQUE

I. L'ENNEDI, CARREFOUR BIOGÉOGRAPHIQUE

L'Ennedi occupe sur le plan biogéographique une position de plus haut intérêt. Situé à un carrefour en quelque sorte stratégique, il est comparable à un creuset qui aurait été soumis à des influences venues de toutes les directions de l'horizon : influence asbarienne venue du Nord, influence éthiopienne et asiatique venue de l'Est, influence soudanaise et Sud africaine venue du Sud, et aussi, mais très atténuée, peut-être une influence atlantique en provenance de l'Ouest.

Voici quelques distances mesurées à vol d'oisesu séparant le plateau Biti, platesu central de l'Ennedi, de quelques reliefs importants :

Massif Kordofan (2 397 m)	450 km
Tibesti (Emi Koussi 3 145 m)	500 km
Djebel Marrah (3 071 m)	600 km
Mont Atlantika (Cameroun 1 400 m)	1 350 km
Aïr (Baguezan 1 400 m)	1 450 km
Hoggar (Asekrem 2 728 m)	1 850 km
Massif d'Abyssinie (3 550 m)	1 950 km

L'Ennedi est placé réellement au cœur de l'Afrique boréale et intertropicale. Il se trouve à peu près à égale distance de la mer Méditerranée (à 1 500 km du golfe de Syrte), de la mer Rouge (à 1 600 km de Port Sudan) et de l'océan Atlantique (à 1 950 km du golfe de Guinée). C'est là une situation unique sur le plan continental, qui fait que tous ces grands courants de migrations aboutissent au Massif.

L'Ennedi enfin, énorme bastion rocheux cerné maintenant de toutes parts — excepté vers le Sud — par les sables et les regs désertiques, apparaît par ses gorges profondes et ses stations abritées comme un refuge où se sont maintenus jusqu'à nos jours — miraculeusement protégés contre l'assèchement actuel — non seulement toute une flore relicte, mais aussi les nombreux témoins des migrations passées.

L'analyse biogéographique de la flore revêt, à nos yeux d'autant plus de valeur que nous avons la certitude, grâce à nos cinq missions d'exploration méthodique, d'avoir recensé la quasi totalité des espèces de ce Massif à lui seul grand comme la Suisse.

II. ÉLÉMENT MÉDITERRANÉEN

Il faut se rendre à l'évidence. Malgré des recherches minutieuses aucun élément de souche méditerranéenne n'a été observé dans l'Ennedi. Pas de *Celsia longirostris* Murb., ni de *Senecio hoggarensis* Batt. et Trab. pourtant présents au Tibesti, au Hoggar et dans l'Aïr, par de *Myrtus Nivellei* Batt. et Trab., ni de *Globularia Alypum* L. trouvés au Tibesti et au Hoggar et encore moins, si l'on peut dire, d'*Artemisia herba-alba* de Asso, de *Pistacia atlantica* Desf. ou de *Nerium Oleander* L. rencontrés dans l'étage montagnard supérieur du Hoggar. Toutes ces espèces manquent également au Djebel Marrah.

Cette absence est très significative. Elle tend à prouver que la flore méditerranéenne qui atteignit par deux fois les massifs montagneux à la faveur des périodes humides du quaternaire (P. QUEZEL) n'a guère dépassé le Tibesti vers le Sud. On expliquerait mal d'une autre façon comment une plante aussi peu exigeante qu'est *Centaurium pulchellum* Hayek subsp.

Source : MNHN, Paris

laxiflorum (Lindb.) Maire, qui existe en plusieurs places au Tibesti et qui trouve sur les banquettes humides du Sud Air des biotopes à sa convenance — innombrables dans l'Ennedi — puisse être totalement inexistante dans notre Massif. Le fait qu'une des rares plantes d'origine méditerranéenne, qui en restant liée au point d'eau de surface arrive à se maintenir en zone tropicale, soit absente de l'Ennedi, rend peu vraisemblable l'hypothèse selon laquelle la vague méditerranéenne aurait atteint l'Ennedi et que ses représentants en auraient disparu par la suite. Le cas de *Veronica Anagallis-aquatica* L. rencontré au Tibesti et également au lac Ounianga Kebir (B. de Mire) à 200 kilomètres au Nord de l'Ennedi est semblable, mais moins net, en raison de la faible spécialisation de la plante.

L'Ennedi ne bénéficie pas comme l'Emi Koussi ou le Greboun de condensations d'altitude coïncidant avec la période hivernale étalée. La seule période humide se place en été. Le rythme tropical qui se traduit par une pluviométrie estivale coïncidant avec les grandes chaleurs, s'oppose radicalement au rythme méditerranéen selon lequel la végétation entre en activité à la fin de l'hiver et entre en repos pendant l'été sec et brûlant. Sous le pur climat tropical, les deux flores (sauf les hydro-ripicoles) ne peuvent coexister.

Il est très vraisemblable que n'ont atteint l'Ennedi, ni la première phase humide (responsable de l'individualisation des principaux endémiques centro-sahariens), ni la seconde (beaucoup plus récente — située par différents auteurs entre — 15 000 et — 3 000 ans — qui a placé sur le Tibesti et le Hoggar une flore méditerranéenne banale, actuellement résiduelle).

III. ÉLÉMENT DÉSERTIQUE

L'élément désertique est assez difficile à définir. Il occupe à l'heure actuelle une grande partie du Sahara et certains de ses représentants à travers le désert arabique vont même jusqu'au Sind. La phase de désertification étant un phénomène récent, la plupart des plantes désertiques sahariennes ne peuvent être de souche saharienne, mais sont issues de taxons dont les représentants sont aujourd'hui relégués sur les marges.

C'est pourquoi nous diviserons l'élément érémitique en sous-éléments distincts selon la souche dont ils dérivent.

1° Élément omnisaharien

C'est l'élément couvrant la plus grande partie de l'Afrique boréale désertique.

a. *Sous-élément à souche Nord saharienne.*

Il est composé de plantes dont les phylums d'origine sont répartis actuellement sur la marge Nord du Sahara.

Citons :

Salsola baryosma (Schult.) Dandy
Tamarix Balansae J. Gay
Forsskalea tenacissima L.
Astragalus Vogelii (Webb) Bornm.
Lotus glinoides Del.
Echinops Bovei Boiss. var. *pallens* Maire
Launoea mucronata (Forssk.) Muschler
Launaea resedifolia (L.) O. Ktze.
Echium humile Desf.
Moltkia callosa Vahl
Salvia aegyptiaca L.
Phoenix dactylifera L.

b. *Sous-élément saharien tropical.*

Cet élément bien que réparti sur tout le Sahara actuel est nettement plus abondant au Sud du Tropique du Cancer, ce qui se conçoit puisqu'il tire son origine de phylums Nord tropicaux. Il est composé de :

Morettia canescens Boiss.
Cornulaca monacantha Del.

Source : MNHN, Paris

Monsonia nivea (Decne.) Decne. ex Webb
Fagonia Bruguieri DC.
Fagonia Flamandi Battandier
Fagonia latifolia Del.
Fagonia Olivieri Boiss.
Aristida acutiflora Trin. et Rupr.
Aristida plumosa L.

c. *Sous-élément montagnard.*

Il est confiné aux rocailles montagneuses du Sahara central, des massifs Sud-sahariens et de l'Abyssinie :

Eremopogon foveolatus (Del.) Stapf
Argyrolobium abyssinicum Jaub. et Spach
Solenostemma argel (Del.) Heyne

2° Élément occidental

L'élément érémitique occidental est fort mal représenté dans l'Ennedi. Mentionnons tout de même :

Atractylis aristata Battandier

très disséminé dans les rochers et surtout présent sur la lisière Nord.

3° Élément saharo-méridional

Cet élément est réellement autochtone et appartient à la frange méridionale du Sahara qui demeure intéressée par la remontée extrême des pluies de mousson, et qui de ce fait a échappé à l'assèchement récent. Ce fin liséré qui cerne le Sahara au Sud rassemble quelques composants dont les exigences écologiques sont très particulières et ne peuvent être remplies nulle part ailleurs. Il existe un véritable endémisme à ce nivesu.

Ces espèces trouvent actuellement leur plein épanouissement dans les zones d'épandage de piedmont des massifs montagneux du Sahara méridional (Tamesna). Mais elles rencontrent sur le versant Nord de l'Ennedi et dans les larges vallées sablonneuses du Massif des biotopes à leur convenance, mais limités en surface. Le véritable Sahara méridional est au nivesu de l'Ennedi réduit à un ruban de quelques kilomètres de largeur qui suit la bordure Nord du Massif.

Rangeons ici :

Morettia philaeana (Del.) DC. nettement orientale de l'Aïr à l'Arabie.
Schouwia Schimperi Jaub. et Spach (1)
Fagonia arabica L. à l'échelle subspécifique.
Tribulus longipetalus Viv. à l'échelle subspécifique.
Tribulus ochroleucus Maire
Caralluma retrospiciens (Ehrenb.) N.E. Br.
Pulicaria volkonskyana Maire
Coelachyrum oligobrachiatum A. Camus, connu jusque dans les sables d'Arabie sous le nom de *C. brevifolium* Nees qui a l'antériorité.

Leur rythme de végétation confirme bien leur origine tropicale. Ce sont toutes (sauf le *Caralluma*) des thérophytes qui lèvent avec les pluies et disparaissent après.

Trois espèces en provenance d'Asie ont occupé ce milieu :

Limeum indicum Stocks ex T. Anders.
Seetzenia africana R. Br.
Anticharis glandulosa Aschers.

(1) Cette plante trouve des conditions optimales dans les zones d'épandange des Massifs Sud-Sahariens (Tamesna) mais remonte jusqu'à Tindouf.

Source : MNHN, Paris

4° Élément désertique Nord-Sud tropical

Quelques érémophytes existent à la fois dans les zones sèches de l'Afrique boréale et de l'Afrique australe. Il s'agit probablement d'un vieux fond de flore originaire d'Afrique du Sud qui a gagné les Massifs Sud sahariens par la dorsale africaine cheminsnt le long des regs pierreux, supports toujours favorables à leur multiplication. Ce sont des pseudo-érémophytes. Comme nous le verrons plus loin l'Ennedi est intéressé par un réel courant ayant cette origine.

Citons ici pour mémoire :

Corbichonia decumbens (Forssk.) Exell
Enneapogon brachystachyus (Jaub. et Spach) Stapf

5° Bilan général

La flore érémétique avec ses 42 représentants, soit 8 p. 100 du nombre total des espèces, ne constitue dans l'Ennedi qu'un élément mineur. Ce faible pourcentage apparaît comme une preuve supplémentaire que les influences tropicales sont déterminantes sur le Massif. La flore désertique vit dans des conditions difficiles. Elle fait figure de flore relictuelle. Elle supporte mal les pluies diluviennes qui s'abattent chaque été sur la partie centrale du pays. Elle est fortement concurrencée par les tropicales beaucoup mieux adaptées qu'elle aux étés chauds et humides. Certaines plantes ne pénètrent même pas dans le Massif et sont confinées sur sa bordure Nord ou dans la dépression du Mourdi qui est beaucoup moins arrosée (*Cornulaca monacantha* Del., *Lotus glinoides* Del.). Beaucoup sont à végétation tardive et ont conservé un semblant de rythme hivernal.

Il semble néanmoins que l'Ennedi ait connu au moins une phase désertique qui aurait permis par exemple l'installation de l'*Aristida pungens* Desf. dans l'O. Keechi au cœur du Massif et celle de *Moltkia callosa* Vahl dans les dunes fixées de l'intérieur. Il est fort probable que le vent est responsable de l'introduction des *Launaea* qui se rencontrent à l'état sporadique.

IV. ÉLÉMENT TROPICAL

Le Massif de l'Ennedi, inscrit entre les 16e et 18e parallèles, est entièrement intégré dans la zone tropicale. Le développement de la végétation est strictement lié aux pluies d'été en provenance du Golfe de Guinée. Aussi n'y a-t-il rien de surprenant à constater que la quasi totalité des espèces soient de souche tropicale.

1° Définition des principaux secteurs phytogéographiques

La complexité du relief et l'importance du réseau hydrographique font de l'Ennedi une région où ce sont les facteurs topographiques locaux beaucoup plus que la variation des facteurs climatiques due à la latitude qui commandent la répartition des plantes sur le plan biogéographique.

En Afrique Nord tropicale, en faisant appel à des critères aisément décelables sur le terrain, il est facile de distinguer les territoires phytogéographiques suivants se succédant du Nord vers le Sud :

a. Secteur du Sahara tropical caractérisé par des pluies capricieuses inférieures à 50 millimètres et par une végétation extrêmement raréfiée :

Il différencie sur sa frange Sud le sous-secteur du Sahara méridional caractérisé par des pluies faibles (50 à 100 mm) d'août apportées par l'extrême avancée du front intertropical et par une végétation de thérophytes à faible densité.

b. Secteur Nord sahélien caractérisé par des pluies comprises entre 100 et 250 mm et par une végétation pérenne du type contracté :

Les arbres suivent les cours des ouadis et la végétation basse pérenne est surtout concentrée le long des lignes d'écoulement des eaux. A l'arrivée de chaque saison des pluies un tapis d'annuelles mal stratifié et de moyenne densité se développe. Une fois sec il ne donne pas ou il donne très peu prise aux feux de brousse.

Source : MNHN, Paris

c. Secteur Sud sahélien caractérisé par des pluies comprises entre 250 et 450 mm et par une végétation du type dispersé.

Les arbres, le plus fréquemment du type épineux (il existe également des Combrétacées), sont épars dans le paysage. Le sol est pendant l'été presque entièrement recouvert par un tapis d'annuelles à plusieurs strates, parfaitement consumé par les feux courants.

d. Secteur Nord soudanien caractérisé par des pluies comprises entre 450 et 800 millimètres et par une végétation arbustive du type savane.

Le tapis herbacé est élevé et devient facilement la proie des flammes. La frontière entre le secteur Sud sahélien et le secteur Nord sahélien est marqué spectaculairement par l'apparition des premiers champs de Mil Pénicillaire de grande étendue, liés aux premiers villages permanents. Le Sahel appartient aux nomades et aux éleveurs, le Soudan aux cultivateurs.

e. Secteur Sud soudanien caractérisé par des pluies comprises entre 800 et 1.100 millimètres et par une savane arborée dense comprenant des arbres de grande taille et un tapis continu d'Andropogonées pérennes; c'est le domaine des grands feux de brousse.

La végétation de l'Ennedi considérée sous l'angle phytogéographique apparaît comme une mosaïque empruntant ses éléments aux différenta secteurs précédents.

2° Élément sahélien

Ces espèces couvrent la bande sahélienne qui s'allonge depuis les rivages de l'Océan Atlantique jusqu'à ceux de la Mer Rouge en suivant fidèlement la bordure Sud du Sahara tropical.

a. *Espèces Nord sahéliennes* (1).

— Élément Nord sahélien strict.

Les espèces de ce groupe se répartissent suivant une étroite bande qui s'étire de l'Atlantique à la Mer Rouge. Citons *Cadaba glandulosa* Forssk., *Crotalaria microphylla* Vahl, *Indigofera suaveolens* Jaub. et Spach, *Borreria compacta* (Hochst.) K. Schum., *Aptosimum pumilum* (Hochst.) Benth., *Blepharis persica* (Burm. f.) O. Ktze., ces quatre dernières plantes absolument caractéristiques de l'Ennedi montagneux. Ajoutons *Sorghum virgatum* (Hack.) Stapf et *Tetrapogon cenchriformis* A. Rich..

— Élément Nord sahélo-sindien.

Les espèces de ce groupe ont une aire continue de l'Océan Atlantique jusqu'au Sind. Mentionnons : *Melhania Delhamii* R. Br., *Indigofera semitrijuga* Forssk., *I. sessiliflora* DC., *Seddera latifolia* Steud. et Hochst., *Barleria Hochstetteri* Nees, *Heliotropium rariflorum* Stocks, *Chascanum marrubiifolium* Fenzl ex Walp., *Aristida funiculata* Trin. et Rupr.. Elles abondent dans l'Ennedi sur les places les plus sèches et sont presque toutes caractéristiques de faciès particuliers.

— Élément Nord-Sud tropical.

Il s'agit d'un ensemble d'espèces qui se rencontrent à la fois le long du secteur Nord sahélien et dans les parties les plus arides de l'Afrique du Sud, avec peu de stations intermédiaires. Citons : *Indigofera disjuncta* Gillett, *Enneapogon brachystachyus* (Jaub. et Spach) Stapf, *Triraphis pumilio* R. Br..

b. *Espèces Sud sahéliennes.*

Ces espèces exigeant une pluviométrie minimale de 200 millimètres sont absentes en plaine au Nord Sahel mais se trouvent en grande quantité dans certains biotopes de l'Ennedi. Citons : *Boscia angustifolia* A. Rich., *Aristida stipoides* Lam., *Brachiaria ramosa* (L.) Stapf et l'*Acacia senegal* (L.) Willd. qui est Sud sahélo-indien; *Rothia hirsuta* (Guill. et Perr.) Bak. se rattache à ce groupe bien que rencontré jusqu'en Afrique sèche australe.

(1) Nous bannissons de notre vocabulaire le terme saharo-sahélien qui, pouvant désigner soit les espèces du secteur saharien de la zone sahélienne (Nord sahéliennes) soit les espèces de liaison réparties à la fois sur le Sahara et la zone sahélienne, a un sens ambigu.

9 Source : MNHN, Paris

c. *Espèces sahéliennes* (omnisahéliennes).

— Espèces sahéliennes strictes.

Celles-ci occupent toute la bande sahélienne. Elles comptent beaucoup de thérophytes qui montrent une grande plasticité par rapport aux facteurs climatiques et qui sont capables suivant la pluviométrie ou bien de rester chétifs ou bien de prendre une grande vigueur.

Citous : *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir., *Farsetia stenoptera* Hochst., *Cleome scaposa* DC., *Trianthema polysperma* Hochst. ex Oliv., *Cucumis ficifolius* A. Rich., *Sida grewioides* Guill. et Perr., *Euphorbia scordifolia* Jacq., *Indigofera aspera* Perr. ex DC., *Rhynchosia memnonia* (Del.) DC., *Leptadenia arborea* (Forssk.) Schweinf., *Centaurea senegalensis* DC., *Sphoeranthus angustifolius* DC., *Cyperus effusus* Rottb., *Aristida mutabilis* Trin. et Rupr., *A. longiflora* Schum., *A. papposa* Trin. et Rupr., *Brachiaria Hagerupii* Hitchcock, *Eragrostis elegantissima* Chiov., *Elyonurus elegans* Kunth, *Tripogon minimus* (A. Rich.) Hochst. ex Steud. (20 espèces).

— Espèces sahélo-indiennes.

A l'instar des Nord sahélo-sindiennes elles s'étendent en une bande assez large allant de l'Océan Atlantique à l'Inde. Presque toutes sont très communes sur les banquettes des ouadis : *Cleome viscosa* L., *Polygala erioptera* DC., *Monsonia senegalensis* Guill. et Perr., *Cucumis melo* L. var. *agrestis* Naud., *Cucumis prophetarum* L., *Melhania ovata* (Cav.) Spreng., *Grewia tenax* (Forssk.) Fiori, *Phyllanthus Niruri* L., *P. rotundifolius* Klein ex Willd., *Cassia nigricans* Vahl, *Indigofera cordifolia* Heyne ex Roth, *Convolvulus microphyllus* Sieb. ex Spreng., *Anticharis linearis* (Benth.) Hochst. ex Aschers., *Glossostigma diandra* (L.) O. Ktze., *Cyperus Meelboldii* Kük., *Cenchrus Prieurii* (Kunth) Maire, *Eleusine verticillata* Roxb., *Schoenefeldia gracilis* Kunth, *Sporobolus helvolus* (Trin.) Dur. et Schinz.. La répartition de *Solanum albicaule* Kotschy ex Dunal, plante rupicole, si bien adaptée à l'Ennedi que chaque année l'allongement de ses rameaux et le nombre de ses fleurs donnent de précieuses indications sur l'importance de la saison des pluies, est tout-à-fait significative. La plante décrite par Kotschy sur un exemplaire du Kordofan n'a été connue pendant longtemps que d'après des récoltes en provenance d'Égypte, Nubie, Kordofan, Abyssinie, Somalie, Arabie, Sind, jusqu'au moment où Heine a pu démontrer que le *Solanum Heudelotii* décrit par Dunal sur une récolte de Heudelot (Sénégambie) était conspécifique (20 espèces).

Pour une certain nombre de Nord sahélo-indiens rupicoles (*Seddera latifolia* Steud. et Hochst., *Barleria Hochstetteri* Nees, *Heliotropium rariflorum* Stocks) l'Ennedi est un jalon entre les reliefs mauritaniens et les reliefs éthiopiens et érythréens.

— Espèces sahéliennes exteusives.

Il existe un lot important de plantes dont les affinités climatiques sahéliennes ne sont pas douteuses, mais dont l'aire se prolonge plus ou moins en Afrique orientale ou en Afrique australe, ou dans les deux directions à la fois.

+ Espèces dont l'aire couvre à la fois la zone sahélienne et l'Afrique orientale.
Indigofera Hochstetteri Bak., *Sporobolus spicatus* (Vahl) Kunth.

+ Espèces dont l'aire couvre à la fois la zone sahélienne, l'Afrique orientale et l'Afrique australe sèche.

Cleome monophylla L., *Cleome tenella* L., *Limeum diffusum* (Gay) Schinz, *Combretum aculeatum* Vent., *Grewia villosa* Willd., *Cienfuegosia digitata* Cav., *Gossypium anomalum* Wawra, *Chrozophora plicata* (Vahl) A. Juss. ex Spreng., *Dalechampia scandens* L., *Cyamopsis senegalensis* Guill. et Perr., *Tephrosia lupinifolia* DC., *Indigofera colutea* (Burm. f.) Merrill, *Rogeria adenophylla* J. Gay ex Delile, *Sesamum alatum* Thonning, *Ipomoea coscinosperma* Hochst. ex Choisy, *Blepharis linariifolia* Pers., *Aristida hirtigluma* Steud. ex Trin. et Rupr. (avec irradiation saharienne), *A. hordeacea* Kunth, *Dinebra retroflexa* (Vahl) Panz., *Schmidtia pappophoroides* Steud., *Marsilea nubica* R. Br. (21 espèces).

Il est remarquable de constater dans cette répartition géographique l'égalité presque absolue (20, 20 et 21 représentants) entre l'élément sahélien africain, l'élément sahélo-indien et l'élément sahélien extensif allant jusqu'en Afrique australe sèche, coïncidence non fortuite permettant de considérer l'Ennedi comme un grand carrefour biogéographique, une sorte de plaque tournante où sont venus s'affronter les grands courants de flore en provenance d'Asie et d'Afrique australe.

Source : MNHN, Paris

+ Espèces dont l'aire couvre à la fois la zone sahélienne, les Indes et l'Afrique australe sèche.

Indigofera oblongiflora Forssk., *Pegolettia senegalensis* Cass. et également, mais propagé par l'homme et les animaux, *Cenchrus biflorus* Roxh..

d. *Espèces centre sahéliennes.*

Deux espèces présentes dans l'Ennedi n'occupent que la partie centrale du Sahel : *Polygala irregularis* Boiss. et *Caralluma Dalzielii* N. E. Br.. Il est possible que l'aire de ces deux plantes assez rares soit imparfaitement connue.

c. *Espèces sahéliennes occidentales.*

Seul *Panicum laetum* Kunth ne semble pas connu, pour l'instant, à l'Est de l'Ennedi, ce qui paraît assez étrange étant donné l'abondance et la solide implantation de cette plante dans le Sahel tchadien.

La flore sahélienne de l'Ennedi se comporte comme une flore de remplissage s'étant différenciée à partir des flores asiatique et Sud-africaine. Aucun genre monospécifique strictement sahélien africain n'est à inscrire à l'actif de l'élément sahélien ennedien. Les plantes les plus caractéristiques de l'Ennedi montagnard, d'essence sahélienne, se retrouvent dans la partie subdésertique au Nord-Ouest de l'Inde. Elles sont Nord-sahéliennes.

3° Élément soudanien

Le Soudan est un monde particulier. L'homme y joue un grand rôle et la végétation spontanée est profondément modifiée par les cultures, les jachères, les feux de brousse. Les formations secondaires font tache d'huile. Les sahéliennes, peu exigeantes du point de vue de l'humidité et de la valeur du sol, trouvent sur les terres dégradées une place de choix pour se multiplier.

Les soudaniennes demandent une pluviométrie au moins égale à 500 millimètres et répartie sur plus de quatre mois. Seules quelques-unes réussissent encore à se maintenir dans l'Ennedi, toujours en des emplacements privilégiés.

a. *Espèces Nord soudaniennes.*

Elles vivent normalement dans une savane claire à Combrétacées et à Anacardiacées ou dans les zones inondées au bord des mares, abondantes pendant toute la période dite d'« hivernage ».

— Élément soudano-éthiopien.

Cet élément surtout fréquent dans son aire naturelle au bord des grandes mares, est hautement résiduel dans l'Ennedi où il n'existe qu'en quelques stations : *Nymphaea rufescens* Guill. et Perr., *Aponogeton subconjugatus* Schumach., *Acacia seyal* Del., *Cissus cymosa* Schum. et Thonn. (un seul pied dans la gorge Maya), *Blainvillea gayana* Cass., *Hermannia tigreensis* Hochst. ex A. Rich. et *Pennisetum maiwa* Stapf subspontané.

— Élément Nord soudano-indien.

Plaçons ici *Sclerocarpus africanus* Jacq. ex Murr., *Urginea indica* (Roxb.) Kunth ainsi que *Grewia bicolor* Juss. et *Scirpus brachyceras* Hochst. ex A. Rich., qui tous deux pénètrent largement en Afrique orientale.

b. *Espèces Sud soudaniennes.*

Ces espèces qui normalement appartiennent à la savane arborée dense à *Isoberlinia doka* (Crab.) Stapf ou à *Parkia biglobosa* Benth. sont strictement africaines puisqu'il n'existe pas à notre connaissance de savane de ce type en Inde.

— Élément Sud soudano-éthiopien.

Seuls subsistent dans l'Ennedi, et encore en station unique, deux représentants qu dans leur aire normale se rencontrent dans les stations sèches : *Xeromphis nilotica* (Stapf) Keay et *Clematis hirsuta* Guill. et Perr..

Source : MNHN, Paris

— Élément Sud soudeno-zambézien.

Plaçons ici deux lianes des forêts galeries *Hippocratea africana* (Willd.) Loes. ex Engl. et *Cissampelos mucronata* A. Rich., confinées dans l'Ennedi en de rares stations et un arbre rupicole *Ficus populifolia* Vahl. Mentionnons également *Solanum nodiflorum* Jacq., contesté spécifiquement.

c. *Espèces soudano-guinéennes.*

Qustre arbres, tous relictuels, fréquents dans les forêts claires de la zone soudano-guinéenne se retrouvent dans l'Ennedi, tous les qustre relictuels, en quelques emplacements le long des plus grands ouadis ou des gorges profondes : *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. et Perr., *Stereospermum kunthianum* Cham., *Syzygium guineense* (Willd.) DC. et *Vitex doniana* Sweet. L'*Adina microcephala* (Del.) Hiern ripicole est certainement l'arbre le plus caractéristique des gorges.

d. *Espèces soudaniennes* (omnisoudaniennes).

On comprend que ces espèces qui se répartissent sur toute la zone soudanienne et possèdent de ce fait une vaste aire de distribution, montrent une assez grande souplesse par rapport aux facteurs du milieu et puissent subsister encore dans l'Ennedi.

Ce fond de flore bien en place dans l'Ennedi est cantonné cependant à l'étage submontagnard le plus arrosé.

Détachons du cortège quatre arbres dont la valeur biogéographique est importante et qui sont révélateurs de la « remanence » soudanienne de l'Ennedi : *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst., *Bauhinia rufescens* Lam., *Dichrostachys glomerata* (Forssk.) Chiov. et surtout *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. DC..

Les autres espèces sont : *Nothosaerva brachiata* (L.) Wight, *Croton lobatus* L., *Rhynchosia sublobata* (Schum. et Thonn.) Meikle, *Tephrosia bracteolata* Guill. et Perr., *Sesbania aegyptiaca* (Poir.) Pers., *Leptadenia hastata* (Pers.) Decne., *Oxystelma bornouense* R. Br., *Oldenlandia goreensis* (DC.) Summerh., *Hypoëstes verticillaris* (L. f.) Soland. ex Roem. et Schult., *Dicliptera verticillata* (Forssk.) C. Christensen, *Ruellia praetermissa* Schweinf. ex Lindau, *Dipcadi occidentale* Bak., *Gloriosa simplex* L. ainsi que *Epaltes alata* (Sond.) Steetz qui va jusqu'en Afrique australe sèche et *Pycreus lanceolatus* C. B. Cl. néotropical (19 espèces).

L'Ennedi a donc été intéressé dans un passé peu lointain, puisque toutes les espèces en question sont encore solidement implantées, par une poussée soudanienne vraie (*sensu stricto*) dont l'importance, à en juger par le nombre de représentants actuels, a été comparable à celle de la vague subdésertique asiatique ou à celle de la vague d'Afrique australe sèche. Nous allons voir que l'influence soudanienne, si on la considère au sens large, est encore plus importante.

e. *Espèces soudaniennes extensives.*

1. Espèces de liaison Sud sahéliennes-Nord soudaniennes

L'ensemble Sud Sahel et Nord Soudan forme un tout qui, sur le plan phytogéographique, a une certaine cohérence. Il peut être assez bien défini par la zone balayée par l'isohyète 500 millimètres, dans son déplacement interannuel suivant l'importance de la pluviométrie. Cet élément s'inscrit donc approximativement entre une limite Nord définie par la position de l'isohyète 500 millimètres, les années les plus pluvieuses, et une limite Sud définie par la position de cette même isohyète en année exceptionnellement sèche. Il existe un lot de plantes bien adaptées à ces conditions et en particulier des thérophytes (*Ipomoea*) dont le développement est variable d'une année à l'autre. Ces végétaux sont assez plastiques, aussi leur aire d'extension — tout comme les sahéliens — s'étend souvent loin vers l'Afrique orientale, les Indes ou l'Afrique sèche australe.

— Espèces Sud sahéliennes-Nord soudaniennes strictes.

Tinospora bakis (A. Rich.) Miers, *Guiera senegalensis* J. F. Gmel., *Commiphora africana* (A. Rich.) Engl., *Ipomoea acanthocarpa* (Choisy) Ascherson et Schweinf..

— Espèces allant jusqu'aux Indes.

Grewia flavescens Juss., *Elytrophorus spicatus* (Willd.) A. Camus, *Schizachyrium exile* (Hochst.) Stapf, *Urochloa lata* Hubbard (Arabie seulement).

Source : MNHN, Paris

— Espèces s'étendant à l'Afrique orientale.

Crotalaria podocarpa DC., *Ipomoea Aitonii* Lindl., *Lannea humilis* (Oliv.) Engl., *Hyphaene thebaica* (L.) Mart..

— Espèces s'étendant à l'Afrique sèche australe.

Peristrophe bicalyculata (Retz.) Nees.

La présence de ces plantes dans l'Ennedi, non rares pour la plupart, montre combien a été puissante l'imprégnation soudanienne dans le Massif.

2. Espèces de liaison sahéliennes-soudaniennes

Cet élément n'a pas d'exigences spéciales, sinon qu'il obéit au rythme tropical soudanien défini par l'alternance d'une longue saison sèche et d'une courte saison des pluies. Il est capable de supporter de grandes variations climatiques surtout dans l'importance de la saison des pluies. Les représentants peuvent étendre leur aire en Asie et Afrique du Sud.

Ces espèces occupent l'Afrique tropicale sèche (1).

— Espèces de liaison sahéliennes soudaniennes strictes.

Cadaba farinosa Forssk., *Chrozophora senegalensis* (Lam.) A. Juss. ex Spreng., *Hibiscus sidiformis* Baill., *Sesbania leptocarpa* DC., *Tephrosia uniflora* Pers..

— Espèces allant jusqu'aux Indes.

Tephrosia leptostachya DC., *Tapinanthus globiferus* (A. Rich.) Van Tiegh., *Dicoma tomentosa* Cass. et *Grangea maderaspatana* (L.) Poir., ces deux dernières espèces se rencontrent également en Afrique orientale.

— Espèces allant en Afrique orientale.

Crotalaria senegalensis (Pers.) Bacle ex DC., *Cordia Rothii* Roem. et Schult., *Vernonia pauciflora* (Willd.) Less..

— Espèces allant en Afrique sèche australe.

Dipcadi longifolium Bak., *Rhamphicarpa fistulosa* (Hochst.) Benth..

L'importance des Papilionacées annuelles (4 espèces sur 13) mérite d'être soulignée. L'abondance des Légumineuses dans les zones tropicales à saisons tranchées s'explique en partie par les facultés germinatives des graines, qui demeurent toujours élevées quelles que soient les variations climatiques.

3. Espèces soudaniennes intertropicales

Cet élément compte des plantes banales. Elles ne sont liées entre elles que par des besoins importants en eau et en chaleur. Leur spécificité quant à la nature du sol est faible. Citons : *Celosia trigyna* L., *Ctenolepis cerasiformis* (Stocks) Naud., *Heliotropium ovalifolium* Forssk., *Justicia insularis* T. Anders., *Pycreus patens* (Vahl) Cherm., *Rhytachne rottboellioides* Desv., *Rottboellia exaltata* L. f., *Hyparrhenia dissoluta* (Nees) C. E. Hubbard.

En petit nombre, elles sont mal à leur place dans l'Ennedi et ne se rencontrent que sur des emplacements réduits, en relation avec des sources ou de grandes mares d'hivernage.

Rattachons ici deux espèces à tempérament Nord sahélien mais à répartition en équerre (allant jusqu'en Afrique du Sud) : (*Actiniopteris australis* (L. f.) Link et *Scirpus brachyceras* Hochst. ex A. Rich..

4° Élément tropical oriental

La position géographique du Massif de l'Ennedi beaucoup plus proche du Massif Nord éthiopien que de la Mauritanie lui vaut d'être profondément imprégné par une influence orientale. Aux trois quarts isolé au milieu des sables, il est cependant prolongé vers le Sud par un pont continu de basses montagnes, sorte de cordon ombilical, qui le relie au relief du Darfur et du Kordofan — partant, aux platesux centraux du Soudan — et au-delà du Nil, aux mon-

(1) Expression que nous préférons ne pas utiliser en raison de son manque de précision. Jusqu'où s'étend l'Afrique tropicale sèche vers le Nord? Englobe-t-elle le Sahara tropical?

Source : MNHN, Paris

tagnes d'Abyssinie et d'Erythrée. Aucun obstacle sérieux ne s'oppose donc aux échanges floristiques entre l'Afrique orientale et l'Ennedi, relations particulièrement faciles pour les plantes des regs pierreux en raison de la dominance de ce support sur toute l'aire envisagée. Il n'en est pas de même vers l'Ouest où une immense étendue de sable désertique de plus de 1 000 kilomètres sépare l'Ennedi de l'Aïr, relief le plus proche. Aussi est-il tout à fait normal que notre Massif serve de frontière occidentale pour un certain nombre de plantes.

L'élément tropical est susceptible d'être divisé en plusieurs sections suivant ses affinités sahéliennes ou soudaniennes ou son degré d'endémisme.

a. *Espèces sahéliennes orientales.*

— Espèces sahéliennes orientales strictes.

Très peu d'espèces strictement africaines sont inféodées au Sahel oriental. Citons : *Crotalaria thebaica* (Del.) DC., *Solanum dubium* Fresen ,*Astripomoea lachnospermo* (Choisy) Meeuse, *Anticharis arabica* Endl., *Oxygonum atriplicifolium* (Meisn.) Martelli, encore que la plupart d'entre elles se trouvent en Arabie. Ces plantes (sauf la première) fixées sur les sols limoneux semblent en pleine progression vers l'Ouest. L'*Astripomoea* a été retrouvé récemment (1959) par Jaeger au Mali dans le Massif du Hombori, *Solanum dubium* Fresen et *Oxygonum* ont été observés par nous-mêmes au Ranch de l'Ouadi Rimé sur le seizième méridien, soit à 400 kilomètres à l'Ouest de l'Ennedi, mais pas dans l'Aïr. Il est intéressant de constater que les seuls représentants différenciés au Sahel oriental n'ont pas encore acquis une aire géographique relativement stabilisée : ils sont liés aux cuvettes modestes qui retiennent l'eau quelques heures après les pluies. Tout laisse croire que leur différenciation est assez récente.

Appartiennent également à ce groupe les espèces polymorphes suivantes qui vont de l'Arabie à la boucle du Niger : *Maerua oblongifolia* (Forssk.) A. Rich., *Pavonia Kotschyi* Hochst. ex Wehb relié par des intermédiaires à *Pavonia triloba* Guill. et Perr.; leur variabilité de forme semble l'indice d'une évolution qui se poursuit actuellement.

— Espèces orientales sahélo-indiennes.

Contrairement aux précédentes, les espèces de ce lot dont la présence bien assurée en Asie est en relation avec une origine plus ancienne montrent une aire géographique bien circonscrite.

+ Espèces allant de l'Inde au Mali.

Mentionnons : *Aristolochia bracteolata* Lam. et *Leptadenia arborea* (Forssk.) Schweinf.. Leur présence au Sénégal, si elle n'a pas encore été signalée, n'est pas moins probable.

+ Espèces allant de l'Inde à l'Aïr.

Vernonia cinerascens Schultz Bip., *Acacia laeta* R. Br. ex Benth., *Convolvulus glomeratus* Choisy, toutes espèces saxicoles qui se sont arrêtées dans l'Aïr sur le dernier bastion rocheux où elles pouvaient s'installer. *Arnebia hispidissima* (Sieber ex Lehm.) DC., psammophile, va de l'Inde au Nord Nigeria.

+ Espèces allant de l'Inde à l'Ennedi (ou au Tibesti).

Indiquons : *Capparis galeata* Fresen, *Albizia sericocephala* Benth., *Convolvulus rhyniospermus* Hochst. ex Choisy et également *Eleusine flagellifera* Nees, toutes plantes se trouvsnt ici sur leur frontière occidentale.

Pour peu que l'on puisse interpréter ces répartition il apparaît que le Sahel oriental africain, sauf pour les quelques espèces de limon citées, n'est pas une entité géographique. Il n'est qu'un tronçon d'une vaste bande subdésertique qui va de l'Ennedi au Sind, tronçon dont le front occidental a encore tendance à pénétrer vers le cœur de l'Afrique sahélienne.

b. *Espèces soudaniennes orientales.*

Il convient de placer ici deux arbres au feuillage semper virens dont la présence dans l'Ennedi est hautement significative sur le plan biogéographique en raison de leurs affinités à la fois orientale et soudanienne. L'un est le *Combretum gallabatense* Schweinf. dont l'aire s'étend à travers l'Erythrée, la République soudanaise, l'Oubangui et le Cameroun au Sud du 10e parallèle. Il est strictement localisé le long de certains ouadis en altitude (Aoué, Maya, Kouro, Erdébéché). La plupart des exemplaires observés sont tous de vieux arbres, aux troncs tourmentés, souvent creux. Se trouvant maintenant dans des conditions limites d'existence, ils font figure de survivants; ils s'accrochent là où ils peuvent encore subsister et profitent, par exemple, de la nappe phréatique retenue par un seuil rocheux dans un ouadi encaissé.

Source : MNHN, Paris

L'autre est le *Rauvolfia caffra* Sond. dont l'aire franchement soudano-guinéenne s'étend à travers l'Afrique tropicale humide, depuis l'Afrique du Sud jusqu'au Sud de la République soudanaise et au Nigéria. L'Apocynacée est confinée dans l'Ennedi au fond de l'une des gorges les plus surprenantes du Massif, celle de Bachikélé. Là, sur plus d'un demi-kilomètre de long, coule un ruisseau alimenté par une source permanente à fort débit. Ces conditions exceptionnelles recréent un cadre très comparable à celui qui environne actuellement les rivières de la zone soudano-guinéenne. Il est évident que le peuplement de *Rauvolfia* installé sur chaque rive du ruisseau s'est maintenu à Bachikélé grâce à un concours extraordinaire de circonstances. Ils sont les rescapés d'une époque où les ouadis, régulièrement alimentés par des pluies fréquentes, coulaient continuellement. Ils constituent le peuplement relictuel le plus admirable du Massif.

c. *Espèces éthiopiennes.*

Le Massif éthiopien par son ancienneté, sa pérennité à travers les âges, son étendue, son altitude, la variété de ses aspects, est un de ces lieux privilégiés de l'écorce terrestre, berceaux de nombreux éléments de flore. Ceux-ci, retranchés dans les montagnes et préservés des vicissitudes climatiques, avaient toute liberté pour s'épanouir autour du Massif pendant les périodes stables. Seuls des représentants doués d'une grande vitalité et à fort pouvoir d'extension pouvaient atteindre l'Ennedi, qui est d'une altitude bien inférieure, et s'y maintenir. La plupart d'entre eux se retrouvent d'ailleurs jusque dans l'Aïr.

— Espèces éthiopiennes allant jusque dans l'Aïr.

Appartiennent à ce groupe : *Boerhaavia elegans* Choisy, *Gossypium somalense* (Gürke) J. B. Hutch., *Tephrosia subtriflora* Hochst. ex Bak., *Ficus salicifolia* Vahl, *Commiphora quadricincta* Schweinf., *Ocimum hadiense* Forssk.. Rattachons ici le curieux *Euphorbia acalyphoides* Hochst. ex Boiss. qui est signalé également au Darfur.

— Espèces éthiopiennes s'arrêtant à l'Ennedi.

Ces espèces dont les pieds vigoureux, la solide implantation et l'abondance de la floraison dénotent une remarquable adaptation au pays, concrétisent les véritables affinités de l'Ennedi montagnard. Ce sont : *Melhania grandibracteata* K. Schuns., *Hermannia modesta* (Ehrenb.) Mart., *Hibiscus rhabdotospermus* Garcke, *Acacia mellifera* (Vahl) Benth., *Vernonia Aschersonii* Schultz Bip., et *Anthephora Hochstetteri* Nees ex Hochst.. Ajoutons *Sansevieria abyssinica* N.E. Br. hautement relictuel et connu de deux stations, et *Ochradenus baccatus* Del. dont l'aire s'étend jusqu'au Tibesti.

— Espèces éthiopiennes allant jusqu'en Afrique orientale.

Ce groupe se réduit à *Enteropogon macrostachyus* (Hochst.) Munro ex Benth. dont l'écologie et la rusticité sont en tout point comparables à celles de l'*Antephora* précédent et à *Aristida rhiniochloa* Hochst. qui va jusqu'en Afrique du Sud.

d. *Espèces de souche du Darfur Kordofan.*

Il existe en plein cœur de l'Afrique boréale à égale distance du Golfe de Guinée et de la mer Rouge, un noyau de plantes extrêmement différenciées et hautement adaptées à la vie dans les rocailles. Ces plantes sont remarquablement adaptées au milieu rocailleux par leurs feuilles crassulantes ou crassulescentes et par la rapidité de croissance des rameaux émis dès l'arrivée des pluies. En dehors de la saison humide les rameaux dénudés, blancs, paraissent comme morts. Dans ce groupe très spécialisé, citons deux Cucurbitacées : *Corallocarpus corallinus* (Naud.) Cogn., *Kedrostis gigef* (J.F. Gmel.) C. Jeffrey, une Amarantacée *Celosia populifolia* Moq., une Verbénacée *Premna resinosa* (Hochst.) Schau., une Portulacacée à gros bulbe enfoui *Talinum caffrum* (Thunb.) Eckl. et Zeyh., et *Tapinonthus acaciae.*

Complétons la liste par *Svensonia laeta* (Fenzl) Moldenke et *Cymbopogon commutatus* (Steud.) Stapf, deux Graminées localisées uniquement dans la rocaille en altitude, *Rhynchelytrum villosum* (Parl.) Chiov., *Tricholaena leucantha* (A. Rich.) Hochst. ex Aschers. et Schweinf., jusqu'à présent seulement observés dans le Kordofan et l'Ennedi et *Enneapogon glumosus* (Hochst.) Maire et Weiller et *Linaria Bentii* Skan qui vont jusqu'en Aïr.

En consultant les herbiers du Muséum et notamment les exsiccatas de Kotschy (*Kotschyi iter nubicum*) l'observateur est frappé de constater l'importance des affinités floristiques qui existent entre l'Ennedi et le Mont Arash Cool au Kordofan. Les plantes les plus typiques

Source : MNHN, Paris

et les relictuelles de l'Ennedi montagnard, qui n'ont été découvertes qu'à la suite de patientes recherches, se trouvent précisément rassemblées sur le Mont Arasb Cool : *Premna resinosa* (Hochst.) Schau., *Corallocarpus corallinus* (Naud.) Cogn. et *Kedrostis gigef* (J. F. Gmel.) C. Jeffrey. Elles définissent réellement un endémisme régional qui donne des indications précieuses sur l'origine de la flore de l'Ennedi en altitude.

e. *Espèces montagnardes de l'Afrique orientale et australe.*

La présence dans l'Ennedi à l'état ultra-relictuel de végétaux pérennes dont l'aire de répartition est centrée sur les hautes montagnes du Kenya et du Tanganyika est un fait d'une haute portée biogéographique (1). Elle montre que des relations certaines ont été établies entre notre Massif et la longue série de plateaux qui va de la Rhodésie à l'Éthiopie.

Deux phanérophytes ont cette répartition : *Azanza garckeana* (F. Hoffm.) Exell et Hillcoat, connu d'après des récoltes faites au Kilimandjaro, dans les Monts Shimjanga en Tanzanie, dans les Monts Boura au Kenya, dans l'Ouganda et au Djebel Marrah, présent dans deux stations de l'Ennedi, et le *Combretum reticulatum* Fresen, en Rhodésie du Nord (Mont Abercorn), dans les Monts Gallabats en République soudanaise (Monts accolés au Massif éthiopien) et en quelques exemplaires dans une station unique de l'Ennedi.

Une composée à allure d'*Helichrysum*, *Achyrocline luzuloides* Vatke, strictement inféodée à l'Ennedi montagnard a une répartition analogue : Kenya (Mont Eburru), Éthiopie (Monts Somagi et Kouti) et Djebel Marrah. Son abondance et son épanouissement dans les rocailles d'altitude montrent combien elle est en équilibre avec les facteurs du milieu et soulignent les affinités réelles de la flore du Massif.

Le cas du *Chaetostichium majusculum* C.E. Hubbard, petite Graminée (décrite récemment) des hauts plateaux du Kenya et fréquente sur les pentes pierreuses sèches de l'Ennedi au-dessus de la cote 900 mètres, est encore plus significatif. Il confirme la réelle valeur de cet élément montagnard oriental, propre à l'habitat pétré.

f. *Espèces distribuées actuellement en Afrique du Sud.*

Il semble probable que l'Ennedi constitue le point d'aboutissement de ce grand courant de flore qui, parti de l'Afrique du Sud a franchi l'Equateur par l'Est et a progressé, en cheminant par la dorsale montagneuse orientale, jusqu'en Éthiopie d'une part et jusqu'au Nord Tchad d'autre part.

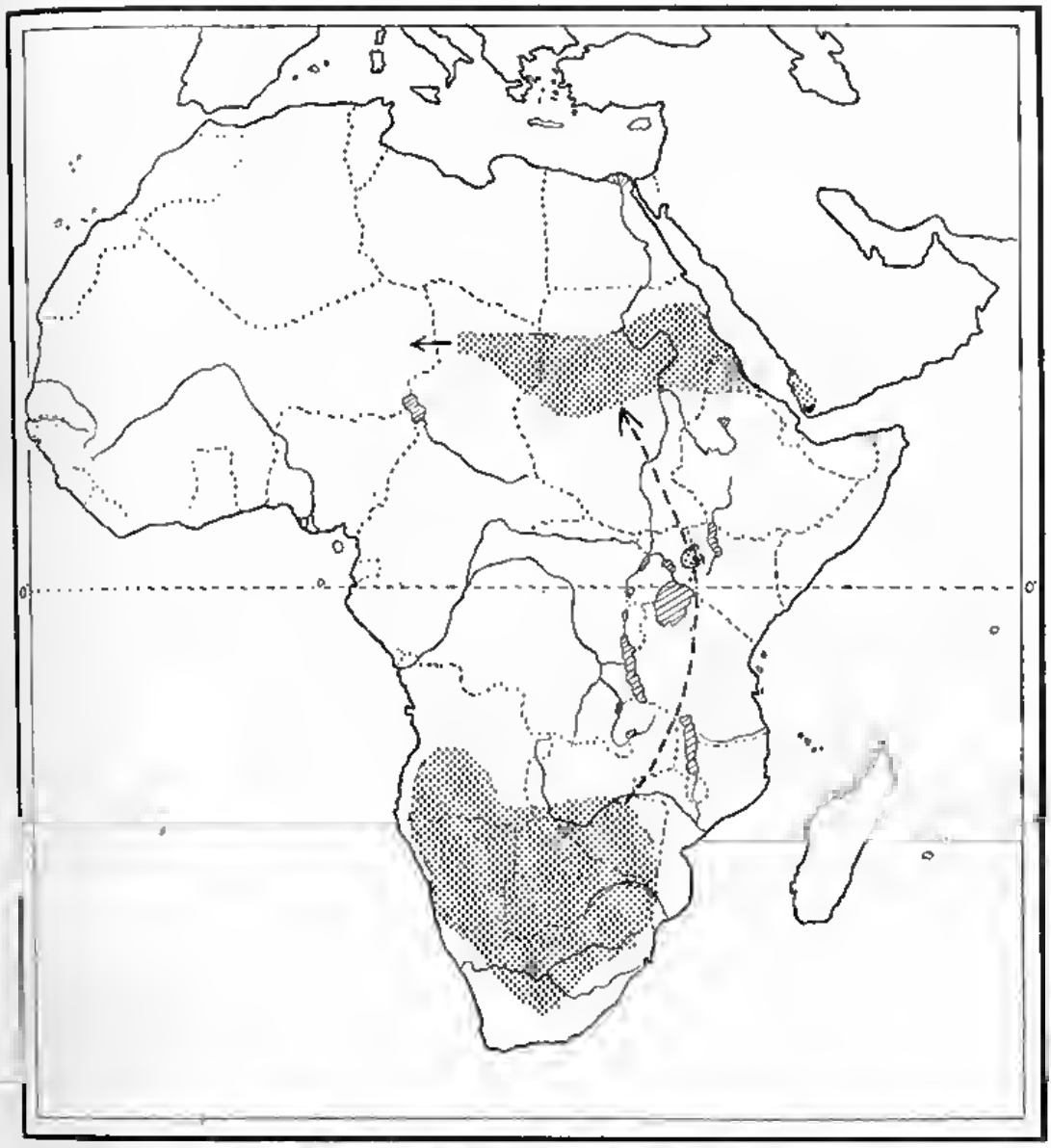
La différenciation des types Sud africains observés dans l'Ennedi est si poussée qu'ils font figure de flore véritablement importée. Bien étranges sont en effet *Eragrostis viscosa* (Retz.) Trin. entièrement recouvert de glandes, *Eragrostis porosa* Nees tout parsemé de poils tuberculés ou ce *Tephrosia plicata* Oliv. dont les fruits pliés en accordéon sont vraiment aberrants pour un *Tephrosia*. Il est curieux de constater que certains types nés dans des conditions climatiques équivalentes ne sont pas les mêmes en Afrique Nord tropicale sèche et en Afrique Sud tropicale sèche. Aucun *Eragrostis* Nord tropical n'est visqueux, aucun *Tephrosia* Nord tropical n'a les fruits repliés.

Cependant quelques éléments d'origine australe ont trouvé dans la zone sahélienne une ambiance propice et apparemment sont en train de la coloniser. *Geigeria acaulis* Benth. par exemple, petite Composée à port gnaphaloïde, connue en Éthiopie, au Darfur, abondante dans l'Ennedi, a été observée par nous-mêmes au Nord de l'Ouadi Rimé à 400 kilomètres au Sud-Est. Il semble donc qu'elle soit en pleine progression vers l'Ouest au nivesu de la bande Sud sahélienne. *Geigeria alata* (DC.) Oliv. et Hiern a déjà atteint la Mauritanie (Th. Monod rec.) mais est nettement plus abondant dans le Sahel oriental que dans le Sahel occidental.

Pour toutes ces plantes l'absence ou la rareté de stations intermédiaires entre l'Afrique du Sud et l'Éthiopie ou le Darfur est frappante. *Geigeria acaulis* Oliv. et Hiern n'est connu que dans une seule localité. Doit-on y voir une carence dans la prospection botanique — ces thérophytes de petite taille et à courte période d'apparition peuvent passer facilement inaperçus — ou doit-on conclure à leur disparition dans la zone intéressée, ce qui laisserait supposer que les conditions favorables à leur passage n'ont été que momentanées? Il est possible que les deux causes jouent simultanément.

(1) Il existe même un poisson, *Barbus apleurogramma* connu actuellement de la Guelte Aoué et de l'Ouganda.

Source : MNHN, Paris



Aire discontinue de *Geigeria acaulis* Oliv. & Hiern,
Composée originaire d'Afrique australe se répandant en Afrique sahélienne

V. ÉLÉMENT DE LIAISON SAHARO-TROPICAL

Nous groupons ici les espèces dont les aires couvrent l'ensemble de l'Afrique tropicale sèche (zone Nord soudanienne et Sahel) et le Sahara dans sa totalité ou simplement le Sahara tropical. Elles sont, par leur tempérament, fort bien adaptées au régime climatique des pays subdésertiques : elles entrent en végétation pendant la saison des pluies et en repos pendant la saison sèche — tout comme les sahéliennes et les soudaniennes — mais sont en outre capables de supporter de grandes variations dans la durée de ces périodes (5 à 11 mois pour la saison sèche).

1° Espèces a concentration Sud sahélienne et Nord soudanienne

Ces espèces trouvent les conditions optimales de développement le long de cette bande particulière qui s'étend à la fois sur le Sud Sahel et le Nord de la zone soudanienne. Mais elles se rencontrent à la fois vers le Nord, où quelques exemplaires subsistent encore dans le

Source : MNHN, Paris

Sahara tropical, et vers le Sud où elles se diluent dans la zone Sud soudanienne. De tempérament plutôt Nord soudanien, elles sont à l'état relictuel au Sahara.

Citons *Acacia nilotica* (L.) Willd. ex Del. et *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., ce dernier dispersé ça et là jusqu'au Nord Sahara.

2° Espèces a concentration sahélienne

a. *Espèces peu extensives* (liaison Nord Sahel-Sahara tropical).

Elles se plaisent surtout dans les zones subdésertiques. Aussi leurs plus beaux peuplements se rencontrent-ils à l'heure actuelle dans la zone Nord sahélienne. En raison de leurs affinités désertiques leur extension vers le Sud est limitée et ne dépasse pas la zone Sud sahélienne. Rangeons ici : *Cleome brachycarpa* Vahl ex DC., *Farsetia ramosissima* Hochst., ex Fourn., *F. aegyptiaca* Turra, *Chrozophora senegalensis* (Lam.) A. Juss. ex Spreng., *Abutilon fruticosum* Guill. et Perr., *Psoralea plicata* Del., *Limeum indicum* Stocks ex T. Anders., *Tephrosia nubica* (Boiss.) Bak., *Pulicaria undulata* (L.) C.A. Mey., *Aristida pallida* Steud., *Corchorus depressus* (L.) C. Christensen.

b. *Espèces fortement extensives* (liaison Sahel tout le Sahara).

Ces espèces, d'amplitude écologique extrêmement grande, toutes douées d'une forte vitalité, ont certainement connu une ère de prospérité du temps où le Sahara n'était pas encore le désert que nous connaissons. Elles y sont maintenant localisées dans les stations les plus favorables (massifs montagneux) ou à la périphérie (circumsaharienne).

— Espèces de liaison Nord Sahel-Sahara.

Bien que distribuées dans tout le Sahara, elles trouvent dans la zone Nord sahélienne leurs conditions optimales. Telles sont *Cleome arabica* L., *Acacia flava* (Forssk.) Schweinf., *Indigofera argentea* Burm. f., *Glossonema boveanum* (Decne.) Decne., *Leptadenia pyrotechnica* (Forssk.) Decne., *Pergularia tomentosa* L., *Pulicaria crispa* (Forssk.) Oliv., *Cyperus conglomeratus* Rottb., *Fuirena pubescens* (Poir.) Kunth, *Aristida ciliata* Desf., *Danthonia Forskalii* (Vahl) R. Br., *Panicum turgidum* Forssk..

— Espèces de liaison Sahel-Sahara.

Leur aire d'élection couvre l'ensembel du Sahel. Citons : *Maerua crassifolia* Forssk., *Limeum viscosum* (Gay) Fenzl, *Tribulus bimucronatus* Viv., *Boerhaavia viscosa* Lag. et Rodr., *Commicarpus verticillatus* (Poir.) Standl., *Colocynthis vulgaris* Schrad., *Acacia raddiana* Savi, *Salvadora persica* L., *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng., toutes espèces extrêmement banales.

— Espèces de liaison Afrique intertropicale sèche-Sahara.

Ce sont des plantes aux exigences faibles montrant un tempérament érémitique. Elles sont passées avec facilité des terres désertiques aux terres dégradées par les cultures où elles se comportent un peu comme des colonisatrices. Leur aire a tendance à s'accroître au fur et à mesure de l'appauvrissement des sols. Citons : *Cocculus pendulus* (J.R. et G. Forst.) Diels, *Aerva javanica* (Burm. f.) Juss. ex Schult., *Boerhaavia repens* L., *Abutilon pannosum* (Forst. f.) Schlechtend., *Hibiscus micranthus* L., *Euphorbia granulata* Forssk., *Cassia italica* (Mill.) Lam. ex F.W. Andr., *Rhynchosia memnonia* (Del.) DC., *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f., *Trichodesma africanum* (L.) Lehm..

Faidherbia albida (Del.) A. Chev. est à placer dans ce groupe, bien que son aire actuelle ne corresponde peut-être pas tout à fait à son aire originelle, l'homme ayant contribué à le propager en Afrique tropicale soudanienne.

— Espèces panafricaines.

Quelques plantes se rencontrent sur tout le continent africain depuis sa pointe Sud jusqu'aux rivages de la Méditerranée, mais ne pénètrent pas dans la forêt dense équatoriale. Leur affinité pour l'eau leur permet de s'affranchir dans une certaine mesure des facteurs climatiques; l'une vit dans les sables humidifiés par les pluies : *Pancratium trianthum* Herbert, les autres sont hydrophytiques : *Juncus maritimus* Bak. var. *arabicus* (Asch. et Buchen.) Adans., *Pluchea ovalis* (Pers.) DC., *Saccharum spontaneum* L. subsp. *aegyptiacum* (Willd.) Hack..

Source : MNHN, Paris

VI. ÉLÉMENT DE LIAISON TROPICAL

Cet élément groupe des plantes largement répandues à travers la zone intertropicale africaine ou mondiale. Leurs exigences écologiques extrêmement faibles les rendent d'autant plus communes. Pourvu qu'elles aient de la chaleur et une forte dose d'humidité, elles poussent avec aisance.

1° Espèces communes en afrique intertropicale

Beaucoup de ces plantes trouvent dans les bas-fonds de l'Ennedi, temporairement inondés après les pluies, un biotope à leur convenance. On les voit en septembre former des massifs de verdure compacts comme *Cassia tora* L., *Corchorus olitorius* L., *Hibiscus asper* Hook.. D'autres sont très fréquentes sur les sables : *Giesekia pharnacioides* L.. D'autres suivent les banquettes des ouadis comme *Bidens pilosa* L., ou *Phyllanthus Niruri* L., *Brachiaria deflexa* (Schumacb) C.E. Hubbard ex Robyns.

Elles sont toutes hygrophytiques et, contrairement aux espèces de liaison saharo-tropicales, elles n'ont aucune adaptation érémitique.

25 espèces sont à inscrire ici.

2° Paléotropicales

Les éléments tropicaux banals, communs à l'Afrique et à l'Asie, sont largement présents dans l'Ennedi. Trente-huit espèces au moins. Certaines (23) sont plutôt d'affinité sahélienne parmi lesquelles : *Mollugo nudicaulis* Lam., *Phyllanthus maderaspatensis* L., *Corchorus tridens* L., *Ipomoea sinensis* (Desr.) Choisy, *Ipomoea coptica* (L.) Roth ex Roem. et Schult., *Aeschynomene indica* L., *Digitaria adscendens* (Kunth) Henrard. D'autres (15) trouvent leur plein épanouissement dans la zone soudanienne comme *Securinega virosa* (Roxb. ex Willd.) Baill., *Tamarindus indica* L., *Sesbania sesban* (L.) Merrill, *Blumea perrottetiana* DC., *Andropogon gayanus* Kunth, ces dernières étant strictement localisées dans l'Ennedi en altitude, dans le lit des ouadis.

3° Pantropicales.

L'Ennedi est un pays tropical, aussi est-il tout à fait normal d'y trouver un nombre important de ces plantes communes aux zones tropicales du monde entier et qualifiées de pantropicales. Nous en avons recensé 31 parmi lesquelles les plus figuratives sont : *Gynandropsis gynandra* (L.) Briq., *Waltheria indica* L., *Cardiospermum halicacabum* L., *Lactuca intybacea* Jacq., *Merremia aegyptiaca* (L.) Urban, *Leucas martinicensis* (Jacq.) Ait.. Mentionnons aussi une série de Graminées très communes : *Chloris virgata* Sw., *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Besuv., *Aristida adscensionis* L., *Eragrostis ciliaris* (L.) R. Br. et un cortège floristique gravitant toujours plus ou moins autour des points d'esu tropicaux : *Ludwigia erecta* (L.) Hara, *Oldenlandia corymbosa* L., *Scoparia dulcis* L., *Cyperus haspan* L., *Pycreus polystachyos* (Rottb.) Beauv., *Fimbristylis ferruginea* (L.) Vahl, *Eragrostis atrovirens* (Desf.) Trin. ex Steud., *Paspalidium geminatum* (Forssk.) Stapf.

La première place revient aux Graminées et Cypéracées qui représentent 40 % du total des pantropicales, ce qui montre bien la facilité avec laquelle certaines Glumacées peuvent se répandre dans toute la zone tropicale et en particulier coloniser les terrains pauvres. L'homme intervient aussi pour une large part dans la prolifération de certaines pantropicales, par exemple celles dont le développement est nettement favorisé par les façons culturales (*Euphorbia hirta* L.) ou par la présence permanente du bétail (*Gynandropsis gynandra* (L.) Briq.).

4° L'Ennedi, lieu d'élection de banalités tropicales

L'ascension réussie de deux énormes massifs rocheux réputés inaccessibles, le Mont Aloba et le Mont Déli — sur lesquels, à notre connaissance, jamais un être humain ne s'étsit aventuré — nous a donné l'occasion inespérée de pouvoir inventorier une flore qui a l'insigne privilège de n'avoir jamais subi l'influence de l'homme ni celle des animaux domestiques. Son analyse est d'autant plus enrichissante qu'elle est l'expression même d'une flore strictement naturelle, installée sur des plateaux tabulaires de plusieurs kilomètres carrés, protégés

Source : MNHN, Paris

de toute part par des falaises verticales de plus de 300 mètres. Sa mise en place résulte des seuls facteurs climatiques, édaphiques, écologiques et biologiques (et en particulier l'anémochorie).

Combien fut grande notre surprise en constatant, sur les hauteurs inviolées, la présence de certaines banalités tropicales si répandues autour des villages de la zone soudanienne. Passe encore pour l'*Aerva javanica* (Burm. f.) Juss. ex Schult. dont les semences, sortes de petites sphères entourées de poils entremêlés, peuvent flotter dans l'air, pour *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Besuv., *Eragrostis cilianensis* (All.) Link ex Vign. Lut., *E. pilosa* (L.) Beauv., *Euphorbia granulata* Forssk., *Polycarpaea corymbosa* (L.) Lam., *Mollugo nudicaulis* Lam., dont les graines minuscules soulevées par le vent peuvent être entraînées très haut, mais il est vraiment difficile d'admettre l'introduction récente sur ces massifs de plantes à graines pesantes comme celles de *Ipomoea sinensis* (Desr.) Choisy, de *Leucas martinicensis* (Jacq.) Ait. (1) [dont il existe un petit peuplement sous un abri protégé à la base de la face Est du Mont Aloba] ou de *Corchorus tridens* L.. Ces espèces ont toute chance d'appartenir à une flore ancienne en parfait équilibre avec les conditions du milieu.

Ces observations vont de pair avec celles qui concernent d'autres plantes, vulgarités ailleurs, mais rencontrées dans l'Ennedi en petit nombre dans des sites invraisemblables, de grande difficulté d'accès. Citons par exemple *Vernonia cinerea* (L.) Less. dont une population restreinte existe dans la gorge Maya juste à la ligne de raccord entre la falaise et l'éboulis de base, biotope où précisément sont concentrées toute une série de plantes si relictuelles qu'il est permis de se demander si notre *Vernonia* ne serait pas lui aussi relictuel. Signalons aussi *Pupalia lappacea* (L.) Juss. assez fréquent au sein des blocs rocheux les plus impénétrables et des rocailles les plus retirées : on conçoit mal, dans un tel milieu, la possibilité d'une dissémination actuelle par zoochorie. Indiquons également les *Tamorindus indica* L. dont on peut voir de très vieux exemplaires le long de certains ouadis d'altitude, en des emplacements tels que leur introduction accidentelle récente semble exclue : gorges encaissées, banquettes entourées de toute part de parois verticales (O. Aoué, guelta Koubé Basso, O. Keechi).

Dans les Massifs montagneux Sud sahariens et dans l'Ennedi en particulier, les banalités tropicales citées, auxquelles on pourrait joindre *Trichodesma africanum* (L.) Lebm., *Boerhaavia repens* L., *Giesekia pharnacioides* L., semblent pousser réellement en équilibre avec les facteurs naturels. Dans l'Ennedi, elles apparaissent comme des plantes typiques des sols squelettiques. Aussi, mais secondairement pensons-nous, ont-elles trouvé dans les sols pauvres tropicaux (sables sahéliens, pâturages épuisés par les feux, jachères des villages), en raison de leurs faibles exigences, des conditions édaphiques très favorables, et s'y sont-elles répandues comme des colonisatrices.

Dès lors se trouve posé le problème de l'origine des plantes dites « rudérales » sahéliennes, qui existaient bien quelque part avant que l'Homme ne les propage. Les nombreuses observations de ces rudérales vivant à l'état véritablement « sauvage » dans les hauts-lieux retirés de l'Ennedi sans que l'Homme y soit actuellement pour quelque chose dans leur multiplication, nous amènent à penser qu'elle pourrait bien être dans les massifs montagneux Sud sabariens.

VII. ÉLÉMENT SUBCOSMOPOLITE

Aucun plante ne se rencontre sur la totalité de la surface terrestre : 25 seulement sur les 300.000 connues ont une aire qui s'étend sur 50 % des terres du globe. Aussi est-il plus correct de parler de subcosmopolites pour qualifier ces plantes vivant dans la plupart des régions chaudes ou tempérées.

1° Subcosmopolites vraies

a. *Subcomopolites liées à la permanence de l'eau.*

Le milieu aquatique est d'une grande uniformité. Réduit, aujourd'hui surtout, à des points d'eau coincés dans des gorges profondes il avait autrefois une extension beaucoup plus

(1) Ces deux dernières espèces sont à notre sens des espèces collectives, différenciées en écotypes adaptés à des conditionnements très variés. Nous pensons avoir affaire ici à des écotypes spécialisés aux Massifs Sud-Sahariens.

Source : MNHN, Paris

grande. Aussi, ces plantes ont-elles toutes chances d'être depuis très longtemps installées dans l'Ennedi : *Potamogeton nodosus* Poir. var. *Billotii* (F. Schultz) Billot ex Richt., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Phragmites communis* Trin. (trouvé fossilisé dans le quaternaire saharien, KOENIGUER) et *Equisetum ramosissimum* Desf..

b. *Subscomopolites anthropiques.*

Ce sont des plantes dont la multiplication a été favorisée par les façons culturales ou par la présence des animaux domestiques : *Portulaca oleracea* L., *Chenopodium murale* L., *Setaria verticillata* (L.) Beauv..

2° THERMOSCOSMOPOLITES

Ces plantes à tempérament tropical ou subtropical se sont largement répandues dans tous les pays chauds, en prenant possession des places libres : friches culturales, sols usés, ou en restant en relation avec les points d'eau. Une trentaine d'entre elles ont été recensées dans l'Ennedi. Parmi les premières (28) remarquons *Achyranthes argentea* Lam., *Mollugo cerviana* (L.) Seringe, *Polycarpaea corymbosa* (L.) Lam., *Tribulus terrestris* L. et toute une série de plantes qui, fréquentes dans les cuvettes limoneuses des plateaux, sont devenues rudérales : *Blumea aurita* (L. f.) DC., *Cyperus rotundus* L., *Eragrostis cilianensis* (All.) Link ex Vign. Lut..

Parmi les secondes (12) plus ou moins hydrophytiques notons *Glinus lotoides* L., *Fuirena umbellata* Rottb., *Echinochloa colona* Link, *Panicum repens* L., *Adiantum capillus-veneris* L..

VIII. ÉLÉMENT ENDÉMIQUE

Le Massif de l'Ennedi, en raison de son altitude modeste (le sommet est à 1 293 m), de son isolement géographique partiel (vers le Sud il est relié aux Monts du Ouaddaï) et des courants floristiques qui l'ont largement traversé, ne se prête guère à la ségrégation spécifique. Aussi le nombre d'endémiques stricts y est-il fort restreint et encore est-il dû peut-être à la défaillance de nos connaissances sur les flores des régions avoisinantes (Ouaddaï, Darfur).

1° ENDÉMIQUES DE L'ARC MONTAGNEUX CENTRE SUD SAHARIEN

Il existe trois plantes qui n'ont été récoltées actuellement que dans le Massif de l'Aïr, au Tibesti et dans l'Ennedi, définissant ainsi un endémisme au niveau des Massifs Sud sahariens. Ce sont : *Bidens minuta* B. de Miré et Gillet, *Commicarpus montanus* B. de Miré, Gillet et Quezel et *Tripogon multiflorus* B. de Miré et Gillet.

L'origine du *Bidens minuta* est obscure. Aucun *Bidens* actuellement connu ne s'en approche suffisamment pour être considéré comme affine. Il s'agit d'une plante hautement spécialisée : thérophyte à cycle court, possédant un appareil végétatif capillaire, des fleurs de taille réduite (il n'y a pas de fleurs ligulées ou exceptionnellement une); la plante lève dès les premières pluies et produit, en moins de 40 jours, une quantité importante d'akènes de 9 millimètres de long. Très rapidement elle se dessèche ne laissant que ses semences sur le sol. Elle vit dans un type de sol très particulier : interstices des roches, ou regs pierreux en pente douce comme la zone piedmont au pied des reliefs. Sa localisation est très inégale suivant les massifs : dans l'Aïr elle n'existe que sur le versant occidental le plus arrosé du massif des Bagezan, au Tibesti elle n'est signalée que dans l'Emi Koussi, mais dans l'Ennedi elle s'étend à tout le plateau central au-dessus de 800-900 mètres. Nous l'avons également rencontrée en septembre 1963 dans le massif des Kapka à 1.000 mètres d'altitude sur le 15e parallèle à 300 kilomètres du Sud de l'Ennedi, dans une station d'arènes granitiques où les pieds, plus vigoureux que partout ailleurs, se trouvaient de toute évidence dans des conditions optimales de croissance.

Ainsi il semble admissible que le *Bidens minuta* soit l'un des rares survivants d'un vieux fond de flore (Randflora) adaptée à l'habitat rocailleux sec et au climat à saisons tranchées mais à pluie revenant à intervalles réguliers. Son aire jadis vaste se serait fragmentée à l'apparition du climat désertique. Il subsiste actuellement dans les seuls emplacements où des pluies régulières assurent sa germination chaque année. Se serait-il différencié sur place ou serait-il originaire des hauts plateaux de l'Afrique orientale? Mais puisqu'il n'est pas signalé au Kenya

Source : MNHN, Paris

où il pourrait se trouver à côté du *Chaetostichium majusculum* C.E. Hubbard dont l'écologie est identique, on retiendra plutôt la première hypothèse.

Commicarpus montanus a une répartition presque superposable : Aïr (Massif de Bagezan), Tibesti (Toussidé et Emi Koussi), Ennedi (un pied unique, plateau central près de Damas) et Kapka où, à l'instar du *Bidens*, il est plus vigoureux que partout ailleurs. Par sa pérennité et son indument dense de poils glanduleux capités, il présente une xéromorphie certaine, mais par ses feuilles larges, persistantes et nombreuses, ses tiges florifères élevées, il semble au contraire adapté à une certaine mésophyllie. Aussi paraît-il lié à un climat à saisons alternées mais comportant une saison des pluies plus longue et plus appuyée que celle qui existe actuellement. Il appartient à une lignée dont le plein épanouissement se confond à l'heure actuelle avec la zone sahélienne et dont certaines espèces montrent un polymorphisme accentué. Il pourrait être une espèce en voie d'extinction (il est ultra-relictuel partout), supplantée par des espèces plus résistantes à l'aridité.

Tripogon multiflorus est montagnard tout autant, sinon davantage, que les deux précédents. Récolté dans l'Aïr (à l'extrême Sud au Tarraouadji), au Tibesti (Toussidé) et surtout dans l'Ennedi en de nombreuses stations, il est un élément typique des croupes au relief arrondi du plateau central où on le rencontre à l'état disséminé, parfois sur d'assez vastes surfaces. S'affranchissant volontiers, à l'inverse des deux autres, des ravinelles pluviales, il apparaît comme un authentique orophyte adapté aux conditions sèches et sévères d'altitude. Le genre *Tripogon* est un genre ancien qui s'est différencié sur les hauts sommets africains : *T. major* au Cameroun, *T. Snowdeni* en Ouganda, *T. unisetus* en Afrique orientale; le *multiflorus* ne serait-il pas alors le *Tripogon* des sommets Sud sahariens?

Il existe une quatrième plante dont l'absence en Ennedi pose quelque problème. Il s'agit d'un représentant du genre *Rhynchosia* relevant du groupe *totta*, groupe dont l'origine est à rechercher sur les montagnes de l'Afrique orientale, qui s'est diversifié en *R. totta* DC. — s'étendant de la Rhodésie à l'Erythrée — et en espèces affines différenciées sur les hauts sommets des massifs montagneux : *R. Lynesii* Bak. et Mart. au Djebel Marrah, *R. tibestica* B. de Miré, Gillet et Quezel au Tibesti (Emi Koussi, 2.000 m) et R. *atrica* B. de Miré et Gillet dans l'Aïr (Bagezan, 1.600 m). A première vue il semble étrange que la lignée soit passée du Djebel Marrab au Tibesti en enjambant l'Ennedi. Ce cas est à rapprocher de celui de *Blumea gariepina* DC., qui existe en Afrique orientale et australe, au Tibesti, au Hoggar et dans l'Aïr en des biotopes dont les équivalents ne manquent pas dans notre territoire. Seules, à notre avis, les lois du hasard peuvent intervenir pour expliquer cette carence : ces plantes, plus ou moins relictuelles, ne se maintiennent que dans certaines niches écologiques, elles-mêmes tributaires des facteurs d'érosion.

Mais il n'en est pas de même pour quelques genres des hautes montagnes tropicales d'Afrique qui ont envoyé sur le Tibesti et au Djebel Marrah des lignées atteignant sur les sommets un degré d'individualisation spécifique : *Dichrocephalus, Helichrysum, Nepeta, Silene*. L'absence de ces purs orophytes dans l'Ennedi n'a rien de surprenant si l'on se réfère à la faible altitude du Massif.

2° Endémiques ennediens

L'exploration systématique du Massif, poursuivie pendant plusieurs années consécutives, a permis, comme il fallait s'y attendre lorsqu'on se livre à des recherches minutieuses en région montagneuse non inventoriée, la découverte d'expèces non encore décrites. Sont-elles des vrais endémiques? Il est permis d'en douter, aucun endémique montagnard n'étant susceptible de se différencier sur un massif aussi bas. Nous y voyons plutôt des espèces en voie de disparition.

Nous avons longtemps pensé qu'une certaine Cucurbitacée lianescente dioïque, strictement rupicole et localisée dans la partie la plus élevée du Massif, là où précisément se trouvent les endémiques des Massifs sud sahariens, était une espèce nouvelle. Ses caractères sont bien affirmés : petites feuilles trilobées, crassulescentes, réseau de tiges fines mais persistantes, petites baies. Son habitat est fort spécialisé : elle enserre certains blocs rocheux d'un lacis dense de tiges s'enroulant et s'entrecroisant plusieurs fois sur elles-mêmes. De plus la plante semble se trouver à l'heure actuelle dans des conditions limites d'existence; tous les pieds observés sont âgés, la partie vivante n'occupe que l'extrémité des rameaux, et les fruits n'arri-

Source : MNHN, Paris

vant pas toujours à maturité (1), la plante ne se multiplie plus. Le retour du soleil brûlant de septembre qui surchauffe les parois rocheuses compromet sa vie végétative. La liane a toutes chances d'appartenir à un vieux fond de flore rupestre, en voie de disparition par suite du raccourcissement de la saison des pluies. Mais nous devons très récemment à Mlle Keraudren la détermination précise de cette espèce : il s'agit de *Zehneria anomala* C. Jeffrey (2).

Par contre, il existe un *Boerhaavia* qui se distingue des autres *Boerhaavia* de la même façon que le *Commicarpus montanus* diffère des autres *Commicarpus*. Comme ce dernier il est recouvert d'un indument dense de poils glanduleux capités, il émet des tiges élevées portant des feuilles larges et il est rarissime (une seule station de quelques pieds). Il est pour le moins remarquable de constater que deux genres de Nyctaginacées *Boerhaavia* et *Commicarpus* évoluant dans les mêmes conditions écologiques aient abouti à deux types parallèles : c'est une sérieuse raison de penser que les deux genres sont apparentés et issus d'une souche commune. Leur adaptation à un climat à saisons contractées complète fort bien les multiples observations déjà faites qui tendent à prouver qu'un climat peu différent du climat soudanais actuel régnait autrefois sur l'Ennedi.

3° Endémique Enneni-Ouannaï

Une espèce vivace, *Polygala Murati* J. Félix, décrite du Ouaddaï (région de Biltine) a été retrouvée assez commune dans l'Ennedi, mais en altitude. A la fois rupicole et hygrophytique elle est surtout concentrée le long des ravins ou des lits des petits torrents. Il s'agit sans doute d'une espèce méconnue se rattachant au lot des espèces endémiques de la région du Darfur, Ouaddaï, Ennedi.

IX. COMPOSITION GLOBALE

En s'en tenant aux grandes divisions, la flore de l'Ennedi se présente comme suit :

	Total absolu	Total relatif
Élément désertique (saharo-sindien)	40	7,6 %
Élément sahélien	94	17,8 %
Élément soudanien	115	21,8 %
Élément tropical oriental	79	15,0 %
Élément de liaison saharo-tropical	49	9,3 %
Élément de liaison tropical (tropical banal)	104	19,7 %
Subcosmopolite	37	7,0 %
Élément endémique	8	1,5 %
Total	526	99,7 %

En condensant encore le tableau, nous avons :

Élément saharien	7,6 %
Élément tropical	74,5 %
Élément de liaison saharo-tropical	9,3 %
Subcosmopolite	7,0 %
Élément endémique	1,0 %

Ces pourcentages suscitent des commentaires.

Tout d'abord, la supériorité écrasante de l'élément tropical est évidente. Ceci est en parfait accord avec toutes nos conclusions précédentes. L'Ennedi est tropical. Tout concourt à le démontrer. Mais que 21 % des plantes, pour un pays qui s'étend entre les 16e et 18e parallèles, soient soudaniennes et constituent en même temps l'élément le mieux représenté est un fait très significatif. Les affinités phytogéographiques de l'Ennedi sont complexes, mais il est indéniable qu'une dominance soudanienne se dégage, si bien que le Massif apparaît comme

(1) Il nous a fallu attendre trois années pour récolter des fruits sur des pieds soigneusement repérés.
(2) Connu du Kenya, d'Ethiopie, de la Republic of Sudan et d'Arabie : bloc sabéen de Th. Monod.

10 aSource : MNHN, Paris

une enclave soudanienne incluse dans la zone Nord sahélienne, ou plus précisément comme un résesu d'enclaves, chacune ayant son individualité propre. Comment ne pas être frappé par la multiplicité des stations soudaniennes et leur originalité? Chaque station héberge son propre lot de relictuelles, très souvent différent de celui de la station voisine. Ainsi au centre de l'Ennedi (région d'Aoué) il exite à la cote 880 mètres au niveau de grés aquifères qui, lorsqu'ils sont mis à jour par l'érosion, donnent des stations du plus haut intérêt. Si curieux que cela puisse paraître, malgré leur proximité, chacune abrite des espèces soudaniennes ou même soudano-guinéennes spéciales et qui en général ne se retrouvent pas dans la station la plus proche même si elle n'est distante que de quelques kilomètres : ainsi l'on trouve à l'O. Kouro, et uniquement là, *Premna resinosa* (Hochst.) Schau., à Aoué *Rhytachne rottboellioides* Desv., à Fonoké *Rhynchospora rugosa* (Vahl) Gale, à Maya *Syzygium guineense* (Willd.) DC., *Azanza garckeana* (F. Hoffm.) Exell et Hillcoat et *Clematis hirsuta* Guill. et Perr., à Tenéba *Maesa Schweinfurthii* Mez..

L'élément saharien, par comparaison, n'est que faiblement représenté. Ceci est contraire à l'opinion généralement exprimée par la plupart des auteurs qui, en se fiant à des impressions ressenties à Fada en saison sèche, jugent l'Ennedi désertique. Le poste de Fada ne reflète en rien l'ambiance du Massif montagneux.

L'analyse détaillée de la flore montre encore la prédominance étonnante d'un élément oriental : 15 % des espèces sont strictement orientales et ceci indépendamment d'une influence accentuée provenant d'Afrique orientale équatoriale (7 % des espèces) et d'Afrique australe (6 % des espèces), parvenue jusqu'à l'Ennedi en contournant le massif forestier guinéo congolais par l'Est.

L'importance de l'élément de liaison tropical est révélateur de son pouvoir d'expansion et d'intense occupation des places vides. Il s'est installé d'autant plus facilement dans le pays que chacun de ses représentants est suceptible de trouver un milieu à sa convenance tant est grande la variété des biotopes. Certains d'entre eux n'ont été trouvés que dans une station où règne un microclimat soudanais (*Nesaea crassicaulis* (Guill. et Perr.) Koehne, *Alysicarpus vaginalis* (L.) DC., *Crotalaria mucronata* Desv., *Commelina benghalensis* L. et font figure de relictuelles.

X. TABLEAU RÉCAPITULATIF

Élément érémitique (40).

- Élément omnisaharien (25) :
  - Sous-élément à souche Nord saharienne 12
  - Sous-élément saharien tropical 10
  - Sous-élément montagnard 3
- Élément saharien occidental (1) 1
- Élément Sahara méridional (11) 11
- Élément érémitique Nord-Sud tropical (3) 3

Élément tropical.

- Élément sahélien (94).
  - Espèces Nord sahéliennes (22) :
    - Élément Nord sahélien strict 10
    - Élément Nord sahélo-sindien 8
    - Élément Nord-Sud tropical 4
  - Espèces Sud sahéliennes (5) 5
  - Espèces sahéliennes (67) :
    - Espèces sahéliennes strictes 20
    - Espèces sahélo-indiennes 20
    - Espèces sahéliennes extensives :
      - Espèces sahéliennes allant jusqu'en Afrique orientale 2
      - Espèces sahéliennes allant jusqu'en Afrique australe sèche. 21
      - Espèces sahéliennes s'étendant à la fois aux Indes et à l'Afrique australe sèche 3
      - Espèces sahéliennes occidentales 1

Source : MNHN, Paris

Élément soudanien (115).
- Espèces Nord soudaniennes (11) :
  - Élément Nord soudano-éthiopien 7
  - Élément Nord soudano-indien 4
- Espèces Sud soudaniennes (6) :
  - Élément Sud soudano-éthiopien 2
  - Élément Sud soudano-zambézien 4
- Espèces soudano-guinéennes (5) 5
- Espèces omnisoudaniennes (19) 19
- Espèces soudaniennes extensives (37) 37
- Espèces de liaison Sud sahéliennes-Nord soudaniennes (13) :
  - Espèces Sud sahéliennes-Nord soudaniennes strictes 4
  - Espèces allant jusqu'aux Indes 4
  - Espèces s'étendant à l'Afrique australe 4
  - Espèce s'étendant à l'Afrique sèche australe 1
- Espèces de liaison sahéliennes-soudaniennes (14) :
  - Espèces de liaison sahéliennes-soudaniennes strictes 5
  - Espèces allant jusqu'aux Indes 4
  - Espèces allant en Afrique orientale 3
  - Espèces allant en Afrique sèche australe 2
- Espèces soudaniennes intertropicales (10) 10

Élément tropical oriental (59).
- Espèces sahéliennes orientales (20) :
  - Espèces sahéliennes orientales strictes 8
  - Espèces orientales sahélo-indiennes (12) :
    - Espèces allant de l'Inde au Mali 2
    - Espèces allant de l'Inde à l'Aïr 5
    - Espèces allant de l'Inde à l'Ennedi 5
- Espèces soudanaises orientales (2) 2
- Espèces éthiopiennes (17) :
  - Espèces éthiopiennes allant jusque dans l'Aïr 7
  - Espèces éthiopiennes s'arrêtant dans l'Ennedi 8
  - Espèces éthiopiennes allant jusqu'en Afrique orientale 2
- Espèces de souche Darfur Kordofan (12) 12
- Espèces montagnardes de l'Afrique orientale et australe (4) 4
- Espèces de l'Afrique du Sud (4) 4

Élément de liaison saharo-tropical (49) :
- Espèces à concentration Sud sahélienne et Nord soudanienne (2) 2
- Espèces à concentration sahélienne (47) :
  - Espèces peu extensives (liaison Nord Sahel-Sahara tropical) 11
  - Espèces fortement extensives (liaison Sahel-Sahara) (36) :
    - Espèces de liaison Nord Sahel-Sahara 12
    - Espèces de liaison Sahel-Sahara 9
    - Espèces de liaison Afrique tropicale sèche-Sahara 11
    - Espèces panafricaines 4

Élément de liaison tropical (104) :
- Espèces communes en Afrique intertropicale (26) 26
- Paléotropicales (47) 47
- Pantropicales (31) 31

Élément subcosmopolite (37) :
- Subcosmopolites (9) 9
- Thermocosmopolites (28) 28

Élément endémique (8) 8

Source : MNHN, Paris

QUATRIÈME PARTIE

PEUPLEMENT VÉGÉTAL

A. ESQUISSE GÉNÉRALE DU PEUPLEMENT VÉGÉTAL

1° Richesse aréale

L'Ennedi bénéficie sur le plan géographique de ce double avantage d'être un carrefour géographique et un bastion montagneux. Sa richesse floristique aréale est très supérieure à celle des plaines qui l'entourent et même supérieure à celle des autres Massifs Sud sahariens. C'est d'ailleurs le seul massif dont l'inventaire floristique soit connu presque à 100 %.

	Nombre d'espèces de Phanérogames spontanées recensées	Surface (km^2)
Ennedi	526	30.000
Tibesti	515	100.000
Aïr	387	30.000

2° Comparaison de la flore de l'Ennedi avec celle des Massifs Sud sahariens (Tibesti, Aïr)

Chaque massif possède son originalité. Le Tibesti en raison de son altitude (l'Emi Koussi culmine à 3.410 m) possède un étage méditerranéen et un contingent important d'endémiques, l'Aïr possède un étage méditerranéen réduit mais n'a été qu'effleuré par l'influence soudanaise. L'Ennedi a reçu une profonde imprégnation soudanienne et éthiopienne.

Le tableau suivant donne les pourcentages des différents éléments de flore pour chacun de ces massifs (d'après Quezel pour le Tibesti et nous-mêmes avec la collaboration de Bruneau de Mire pour l'Aïr).

	Ennedi	Tibesti	Aïr
	%	%	%
Élément méditerranéen	0,0	6,5	2,5
Élément saharien	7,6	17,7	13,0
Élément de liaison saharo-tropical	9,3	8,3	16,0
Élément tropical	74,5	40,0	56,0
Cosmopolite	7,0	8,1	9,0
Endémique	1,0	10,7	1,0

a. *Éléments communs.*

Les participations de la flore de l'Ennedi à celles du Tibesti et de l'Aïr sont curieusement équivalentes : 266 espèces (soit 51 %) pour le Tibesti et 286 espèces (54 %) pour l'Aïr. La moitié de la flore de l'Ennedi se retrouve au Tibesti et dans l'Aïr. Ces pourcentages traduisent simplement la possession en commun d'un contingent important de banalités tropicales et de sahéliennes, grossi d'un petit nombre de montagnardes rupicoles.

Source : MNHN, Paris

Nombre d'espèces de la flore ennedienne se trouvant :

	Au Tibesti	Dans l'Aïr
Capparidacées	10	11
Nyctaginacées	5	4
Euphorbiacées	9	9
Malvacées	9	10
Mimosacées	7	7
Papilionacées	22	22
Composées	18	20
Asclépiadacées	8	9
Acanthacées	5	5
Graminées	52	55

b. *Éléments différents.*

Malgré cette participation commune tout à fait logique pour deux massifs dont la proximité relative implique une évolution biogéographique assez semblable, quelques faits surprenants retiennent l'attention. Que de nombreux éléments typiquement soudanais présents dans l'Ennedi ne se retrouvent pas au Tibesti, rien de plus normal, étant donné la position plus septentrionale de ce dernier massif, mais que l'inverse se produise, cela ne manque pas d'étonner. Les exemples ne manquent pas : *Melothria moderaspatana, Indigofera stenophylla, Ficus gnaphalocarpa, Vernonia amygdalina, Carissa edulis, Jacquemontia capitata, Monechma ciliatum, Themeda triandra, Andropogon shirensis,* toutes plantes communes au Tchad et en plaine au Sud du 13e parallèle. On s'explique mal pourquoi la vague soudanienne qui aurait amené cet ensemble jusqu'au Tibesti n'aurait pas laissé de traces dans l'Ennedi, territoire qu'elle a obligatoirement traversé. Devrons-nous faire appel, une fois de plus, aux lois du hasard qui font que le maintien d'une espèce à l'état relictuel loin de son aire continue soit un événement heureux dû à un concours particulier de circonatances?

Autre anomalie : quelques espèces passent de l'Abyssinie à l'Aïr en empruntant le relai du Tibesti et non celui de l'Ennedi : *Cleome paradoxa* R. Br. ex DC., *Abutilon bidentatum* Hochst. en sont des exemples frappants.

Ces espèces sahéliennes strictes se seraient-elles heurtées, au moment de leur passage, à une barrière soudanienne recouvrant l'Ennedi, difficilement franchissable pour elles? Nous serions tentés de le croire.

3° Comparaison de la flore de l'Ennedi avec celle du Djebel Marrah

Le Djebel Marrah occupe pour le biogéographe africain une position de choix. Culminant à plus de 3.000 mètres et situé sur le trajet de migrations végétales allant de l'Afrique australe à l'Ennedi et au Tibesti, il rassemble sur ses pentes élevées, ayant échappé plus ou moins en raison de leur altitude aux vicissitudes paléoclimatiques, les témoins des changements floristiques du passé. Entre l'étage inférieur typiquement soudanien et l'étage supérieur où la flore est afro-alpine s'intercale un étage moyen. Là diluées dans les éléments montagnards, se rencontrent quelques espèces typiques des hauts sommets ennediens : *Achyrocline luzuloides* Vatke, *Lavandula pubescens* Decne. (vicariant de *Lavandula coronopifolia* Poir.), *Hypoëstes verticillaris* (L. f.) Soland. ex Roem. et Schult. et *l'Azanza garckeana* (F. Hoffm.) Exell et Hillcoat. Elles sont toutes échelonnées entre 1.800 et 2.000 mètres au niveau d'une zone relativement xérophile intercalée entre celle arrosée copieusement par les pluies soudanaises et celle humidifiée en permanence par les nuages et les pluies dues au relief.

Source : MNHN, Paris

B. ESSAI D'INTERPRÉTATION DU PEUPLEMENT VÉGÉTAL MODIFICATIONS FLORISTIQUES PASSÉES ET RÉCENTES

I. L'ENNEDI SECONDAIRE

Tout porte à croire que l'Ennedi est émergé depuis le début du secondaire. Les premiers indices végétaux reconnus sont des bois silicifiés du continental intercalaire, *Dadoxylon* des Erdis, plante primitive du groupe des Araucaroidés. Comme les dépôts du continental intercalaire sont signalés à la fois au Nord de l'Ennedi (Erdis) et au Sud (Ouaddaï), il paraît acquis que ceux-ci ont recouvert notre pays et qu'ils ont été déblayés ultérieurement par l'érosion. L'Ennedi de la fin du secondaire devait ressembler à un plateau peu élevé sur lequel coulaient des rivières au cours lent, s'étirant en de nombreux méandres.

II. L'ENNEDI TERTIAIRE

1° Aperçu géologique

Au tertiaire l'Ennedi, tout comme le Sahara oriental, est soumis, selon toute vraisemblance, à ce même mouvement d'exhaussement général qui soulève le Hoggar et le Tibesti de 750 mètres (R. Furon). Ce relèvement progressif commencé à la fin de l'Yprésien s'est poursuivi au moins jusqu'au miocène.

Un deuxième mouvement épirogénique intervient au pliocène. Au Tibesti les vallées sont surcreusées de 200 mètres dans les basaltes anciens (Lelubre). Il semble à peu près certain que l'Ennedi ait été affecté par la même poussée, d'autant que la plupart des grands ouadis du pays (O. Dougouro, O. Horta, O. Kordi, O. Nohi, O. Maya) serpentent au fond de gorges imposantes, avec des surcreusements visibles.

2° Évolution de la flore

Aucun fossile paléobotanique se rapportant à des Phanérogames n'a été obtenu dans l'Ennedi. Mais de nombreux bois fossiles ont été découverts dans les régions avoisinantes et, grâce à eux, il est possible d'avoir quelque lumière sur la flore tertiaire du pays. Dans certains cas en effet les structures, lorsqu'elles sont silicifiées, sont suffisamment bien conservées pour permettre une identification générique. Nous empruntons au professeur Boureau les renseignements suivants :

Genre	Lieu	Système
Terminalioxylon fezzanense Boureau 1958.....	Fezzan oriental	Post-éocène
Anogeissuxylon bussonii.....	Tinrhert	Post-éocène
Ebenoxylon aegyptiacum Kraüsel 1939.....	Egypte	Oligocène-miocène
Dombeyoxylon oweni (Carr.) Kraüsel 1939.....	Egypte, Lybie (Syrte)	Oligocène et néogène
Dombeyoxylon Monodi.....	Mali	Paléocène
Sterculioxylon aegyptiacum (Unger) Kraüsel 1939.	Rio de Oro, sud Tunisien, Fezzan oriental, désert de Lybie, Basse Egypte, Abyssinie Somalie, Tibesti	Eocène à quaternaire
Sterculioxylon freulonii Boureau 1957 très proche de l'espèce actuelle *Sterculia elegantiflora* Hutch.	Fezzan	Post-éocène

Il y a tout lieu de croire que de ces éléments dérivent les genres *Terminalia, Anogeissus, Diospyros, Dombeya, Sterculia* dont certaines espèces sont typiques de la savane arborée dense, parsemée de grands arbres, telle qu'elle existe actuellement au Tchad sur le 9e parallèle

Source : MNHN, Paris

(avec une moyenne pluviométrique annuelle de 1.150 m répartie en 7 mois de pluie et 3 mois réellement secs). Le *Sterculia setigera* Del. et le *Terminalia Brownii* Fresen sont même fréquents dans les arènes granitiques un peu au Nord du 12e parallèle. Dans ces conditions il est plausible d'admettre que dès la fin du tertiaire l'Ennedi était recouvert d'une savane peu différente de celle qui s'étend maintenant au Nord de Fort-Archambault par exemple, et que les soudanaises qu'il abrite encore sont issues d'espèces voisines qui étaient pour la plupart déjà en place dès l'oligocène. L'Ennedi appartenait à ce vaste ensemble soudanien tertiaire qui recouvrait la plus grande partie du Sahara actuel, et dont il ne reste plus de témoins, sinon ces quelques gorges verdoyantes maintenues jusqu'à nous dans la profondeur des grès de notre Massif. En raison du caractère caducifolié des genres actuels apparentés aux genres tertiaires, tout laisse penser que déjà à cette époque régnait un climat à saisons tranchées.

Il paraît également vraisemblable que sur un territoire aussi immense des genres aujourd'hui éteints se soient différenciés, et qu'en particulier une flore saxicole hautement spécialisée ait pris possession des arènes granitiques précambriennes. Elle aurait été éliminée par les variations climatiques quaternaires et surtout par l'assèchement sub-récent. Seul le *Bidens minuta* B. de Miré et Gillet, cette Composée simple au nombre réduit de pièces florales à subsisté en se réfugiant sur les hauteurs des massifs Sud-sahariens.

Le bloc saharien de l'époque dont le climat, si l'on en juge par la vaste répartition de certains bois fossiles (*Evodioxylon, Sterculioxylon*), devait être assez uniforme, a sans doute été largement pénétré par des courants en provenance d'Afrique australe; et en particulier par ceux qui ont dû suivre l'arête dorsale de l'Afrique orientale et ont dû amener le *Rhynchosia* du groupe *totta*. Celui-ci, coupé par la suite du berceau, se serait ségrégé en *Rhynchosia africa* et en *Rhynchosia tibestica*.

De la fin de cette époque date probablement la mise en place sur le Tibesti de taxons endémiques orophytes (*Monodiella, Helichrysum monodianum* Quezel et *Dichrocephala tibestica* Quezel), dont aucune trace n'existe sur l'Ennedi, sans doute parce que notre Massif est resté pendant tout le quaternaire en étroit contact avec la zone tropicale interdisant à ces orophytes toute pénétration, par exemple à la faveur des périodes pluviales, et aussi parce que son altitude n'est pas suffisante pour retenir des orophytes vrais.

III. L'ENNEDI QUATERNAIRE ET NÉOLITHIQUE

1° Principales phases

C'est un fait maintenant admis par tous que le Sahara a connu au cours du quaternaire des vicissitudes climatiques. P. Quezel en se basant sur la flore endémique du Tibesti (56 espèces) et sur les données fournies par la géomorphologie, la géologie, la palynologie, distingue plusieurs phases qui se sont succédées; une première phase pluviale favorable à la migration vers le Sud des plantes méditerranéennes, appelée M1, une phase tropicale T1, une deuxième phase méditerranéenne M2 et une deuxième phase tropiesle T2. Ce schéma a été confirmé par les découvertes les plus récentes.

a. *Première phase pluviale* (Kaguerien, faune villafranchienne). Pléistocène inférieur.

Des gisements fossilifères précis trouvés d'une part au Sud-Ouest de l'Ennedi dans le Nord Mortcha, non loin du Bahr el Ghazal (1) et d'autre part au Nord de l'Ennedi à Ounianga Kebir (2) apportent des renseignements précis. Il y a là un *Hippopotamus amphibius* de taille inférieure à la normale, un éléphant de petite taille, un Hylochère, tous animaux indicateurs d'une savane arborée, entrecoupée de fossés herbeux et d'étendues aquatiques.

La similitude des faunes de ces deux gisements, distants pourtant de 400 kilomètres, montre qu'un climat uniforme du type soudanais s'étalait sur de vastes régions englobant obligatoirement l'Ennedi situé à mi-distance entre les deux. Cette époque arrosée coïncide, selon les avis les plus autorisés, avec la première phase humide africaine dite Kaguerien, concomitante du premier pluvial européen. Grâce à des repères récents (australopithèque du Tanzanie) l'opinion prévaut maintenant que cette phase tropicale humide aurait duré fort longtemps (près d'un million d'années) et serait comprise approximativement entre 1 et 2 mil-

(1) Par J. Abadie, J. Barbeau et Y. Coppens.
(2) Par le lieutenant Paris de la Bollardière.

Source : MNHN, Paris

lions d'années. Les conditions éminemment favorables à la végétation qui ont régné pendant ces nombreux millénaires ont permis, pensons-nous, la ségrégation des espèces soudaniennes actuelles à partir des espèces tertiaires.

b. *Première phase aride post-villafranchienne.*

Elle est matérialisée par les ergs fossiles à sable rouge encore visibles sur le 13e parallèle et principalement dans la cuvette du Lac Tchad. Elle n'a pas laissé de dépôts connus plus au Nord.

c. *Phases de la Mer paléotchadienne* (phases pluviales du Kamasien, Kanjerien et du Gamblien)-Pléistocène moyen et supérieur (1).

De nouveau le Tchad connaît une longue période humide. Un immense lac de plus de 1.000 kilomètres de diamètre se constitue. C'est la mer paléotchadienne. Pendant plusieurs centaines de milliers d'années cette nappe d'eau démesurée amortit les variations climatiques et atténue les périodes de sécheresse relative correspondant aux interpluviaux. Grâce à une humidité permanente, une température chaude — mais sans excès (2) — très favorable, la végétation de type soudanien-villafranchien continue à s'épanouir.

A la fin de la période, vers — 5.000 avant notre ère (diatomites datées au C 14), la mer paléotchadienne est toujours aussi étendue et un autre lac dit des Pays-Bas du Tchad, situé sur l'emplacement actuel du Borkou, indique une période encore plus pluvieuse (période humide anté-néolithique de J. Barbeau). Ses rives sont à moins de 200 kilomètres de la bordure occidentale de l'Ennedi.

Au Hoggar et au Tibesti P. Quezel indique un climat et une flore méditerranéens avec Cèdres, Pins d'Alep, etc.

A en juger par les énormes quantités d'esu accumulées dans la mer paléotchadienne et aussi dans les Pays-Bas du Tchad, force est de reconnaître que les pluies étaient très abondantes. L'érosion joue à plein et les ousdis de l'Ennedi s'enfoncent dans de profondes gorges, en suivant les méandres tracés au tertiaire.

d. *Phase aride anté-néolithique.*

Une phase sèche arrive indiscutablement. La mer paléotchadienne se retire, laissant des croûtes calcaires. L'assèchement, comme l'a montré Pias, se fait par paliers. Trois cordons dunaires concentriques correspondent à trois épisodes du retrait des eaux.

e. *Phase humide néolithique.*

De nouveau les oueds creusent leurs lits, des déblaiements de 20 mètres ont été mesurés, une industrie microlitique datée de — 3.450 permet de situer cette phase dans le temps. La grande faune avec ses Hippopotames et ses Éléphants existe toujours.

f. *Dernière phase aride.*

Puis la désertification s'accentue, surtout à partir de — 2.750, l'esu se raréfie, les mares s'assèchent. La grande faune disparaît.

2° Faits généraux

A la lumière des dépôts trouvés et analysés par les géologues, les hydrologues, les archéologues, dans les terrains de ce long qusternaire (près de 2 millions d'années) quelques conclusions générales s'impoaent.

D'abord, à aucun moment l'Ennedi n'a connu un climat aussi sec que celui qui règne actuellement. Les granda animaux aoudanais ont vécu dans le Sahara oriental d'une manière continue, aemble-t-il, jusqu'à une époque très récente. Des espèces végétales soudano-guinéennes (*Vitex doniana* Sweet) ultra-relictuelles existent encore, mais à l'extrême limite de leur survie. Elles n'auraient pas résisté à un climat plus sec que le climat actuel.

Placé pendant la première moitié du qusternaire sous climat soudanais Kamasien, et situé pendant toute la deuxième moitié dans l'orbite de la grande Mer paléotchadienne et du

(1) La dernière période pluviale, le Gamblien, se place aux alentours de — 20.000, date confirmée par le C 14 sur des diatomites déposées par le lac.

(2) Il est maintenant admis qu'à cette époque les glaciers afrieains descendaient à 1 000 m endessous de leur niveau actuel et que corrélativement la moyenne de la température était plus basse de 6°.

Source : MNHN, Paris

grand Lac des Pays-Bas du Tchad, l'Ennedi a bénéficié d'une humidité atmosphérique quasi permanente. Les affinités certaines de la flore relictuelle actuelle et de celle que nous livrent les bois fossiles sont en accord avec ces données.

Il en résulte que la flore méditerranéenne ne semble pas avoir pénétré dans notre pays. Le maintien jusqu'à nos jours d'une flore tropicale ancienne d'affinité soudano-guinéenne qui ne peut s'accommoder de l'hiver froid et de l'été sec méditerranéen y rend fort improbable l'arrivée d'une vague ayant une telle origine.

3° Modifications climatiques récentes

Il pleut dans l'Ennedi. Tous les ans après chaque tornade les ouadis grossissent. Des crues spectaculaires érodent la roche, rongent les herges, arrachent les arbres. A chaque crue importante des arbres multiséculaires sont déchaussés puis emportés. Au rythme actuel, dans très peu de temps les fonds des gorges vont être déboisés. Les jeunes sujets n'ont pas le temps de s'enraciner et la reproduction des arbres est compromise. On comprend mal comment les relictes soudaniennes auraient pu survivre jusqu'à nous, soumises à un tel régime. Celles-ci n'ont pu croître et se multiplier que sous un type de climat soudanais comportant des pluies étalées, le long de rivières à écoulement lent et prolongé. On assiste, les dernières données de la pluviométrie tendent à le prouver, à un raccourcissement de la saison des pluies et à une modification du régime des précipitations. Les pluies de type océanique ou de mousson sont remplacées par des lignes de grains se manifestant par des tornades d'une grande brutalité et d'une très forte intensité. Il pleut moins souvent certes, mais quand il pleut, c'est le déluge. De plus le passage de la saison des pluies à la saison sèche se produit sans transition. En quelques jours le degré hygrométrique tombe à des valeurs très basses, incompatibles avec la fécondation des espèces soudaniennes. Celles-ci deviennent stériles.

4° Hypothèse sur les causes de l'assèchement actuel

L'installation aussi rapide de la phase sèche actuelle sur le Sahara n'a pas manqué d'intriguer tous ceux qui s'intéressent à l'histoire de notre globe. Les causes premières sont évidemment climatiques. Il n'y pleut plus ou très rarement. Cette carence pourrait être provoquée par la raréfaction des dépressions soudano-sahariennes (1), qui en se déplaçant pendant la saison sèche sahélienne entre le front polaire et le front tropical déterminent les rares pluies sahariennes actuelles. A notre époque ces dépressions, qui traversent le Sahara suivant un trajet compliqué, deviennent exceptionnelles. Il est permis de penser qu'elles étaient autrefois à l'origine de la plus grande partie des pluies qui tombaient sur le Sahara. Leur disparition pourrait être liée à un recul du front polaire qui autrefois, du temps où la calotte glaciaire était beaucoup plus étendue, s'aventurait profondément en Afrique du Nord. Il y aurait maintenant une sorte de désamorçage entre les deux fronts trop éloignés pour être reliés par les dépressions citées. Il ne s'agit là que d'une hypothèse, rien de plus.

IV. L'ENNEDI PROTOHISTORIQUE

Il est certain que jusqu'à une époque très rapprochée de nous, l'Ennedi bénéficiait d'un climat beaucoup plus humide que celui qui y règne actuellement. Il était alors recouvert d'une végétation abondante dont celle qui subsiste aujourd'hui n'est qu'un pâle reflet. L'assèchement actuel est tout à fait récent et remonte à la période historique. Les traces de ce passé humide se rencontrent partout dans l'Ennedi. Elles sont multiples. Passons-les en revue.

Villages en ruine.

De nombreux restes de villages sont encore bien visibles un peu partout dans le Massif dans des secteurs maintenant totalement inhabités et entièrement dépourvus d'eau collectable sauf pendant la courte saison des pluies. L'emplacement des cases se reconnaît avec beaucoup de netteté, des pans de murs ou des souhassements sont encore dressés. On imagine mal des populations installées là sous le climat aride actuel.

(1) Mises en évidence et étudiées par Dubief.

Source : MNHN, Paris

Gravures et peintures rupestres.

Elles pullulent dans les grottes et les abris sous roches et relatent des scènes de la vie champêtre, difficilement compatibles avec les conditions présentes : vaches au pâturage, etc. D'autres montrent des animaux aujourd'hui disparus : éléphants (Archeï).

Géomorphologie.

Les effets de l'érosion fluviatile sont là. L'Ennedi est sillonné de toutes parts par des gorges encaissées, creusées de toute évidence par l'écoulement des eaux. La puissance de certaines gorges (300 m à Koboué, 180 m à l'O. Dougouro et à l'O. Maya) témoigne de la violence des éléments. Le processus de l'érosion régressive est souvent spectaculaire (Koboué, Maya, Attela, Tellebourbou, etc.). De tels reculs de la falaise supposent d'énormes quantités d'eau. De plus, les versants très raides, l'absence de terrasses élevées ou perchées sont autant de facteurs qui plaident en faveur d'un creusement continu. Au quaternaire l'Ennedi n'a pas traversé de périodes réellement sèches.

Relictes animales.

L'exemple le plus saisissant est sans conteste celui des crocodiles d'Archeï, qui vivent là, véritables emmurés vivants, aux bords d'une série de gueltas dont la permanence est assurée par une source. Nul doute qu'ils sont les lointains descendants d'une époque révolue où les ouadis du pays coulaient entre les bancs de sable et étaient peuplés de familles de ces Reptiles. Étant donné la longueur limitée des cours d'eau, leur écoulement implique des pluies réparties sur la plus grande partie de l'année.

D'autres relictes, tout aussi inattendues, ont été signalées : les *Galagos senegalensis*, animaux de la savane dense, ont existé jusqu'à une époque très récente près de cette même guelta d'Archeï. Un exemplaire a été obtenu dans cette localité par MURAT en 1934. Un pangolin, animal de savane boisée, a été tué en 1962 sur les bords de l'ouadi Chili. Des Varans du Nil existent encore à Nobi Bigueur, guelta où ils sont prisonniers.

Des poissons d'espèces différentes abondent dans certains points d'eau permanents : gueltas échelonnées le long des ouadis Koboué, Bir sultane, Kordi et gueltas permanentes d'Aoué, Michero, Ouro Galé, Attela. Il arrive bien souvent que la même espèce se retrouve dans plusieurs emplacements parmi ceux cités plus haut, ce qui suppose fatalement dans le passé des connexions hydrographiques disparues aujourd'hui.

De plus, la survivance des poissons dans des cuvettes relativement peu profondes (Michero) uniquement alimentées par l'eau des pluies ou par l'écoulement du torrent sur le trajet duquel elles se trouvent suppose, et cela depuis des siècles, des pluies qui reviennent régulièrement chaque année.

V. RELICTES VÉGÉTALES

La présence de nombreuses relictes végétales est certainement le caractère le plus remarquable et le plus révélateur de la flore de l'Ennedi. Dans ce Massif si buriné par l'érosion le hasard a voulu que, ça et là, des stations, en raison de leur emplacement spécial, bénéficient de conditions exceptionnelles d'humidité, échappent à l'assèchement général et donnent encore asile à des espèces véritablement anachroniques dans l'ambiance actuelle. Le Sahara de jadis, celui que l'on imagine par ces images, comme étant un ensemble de vastes prairies herbeuses coupées de marécages et traversées par des fleuves aux rives boisées, se retrouve emmuré à l'état ponctiforme au fond de quelques gorges ou de quelques recoins cachés dans la partie peu accessible de l'Ennedi. La recherche et la découverte de ces stations perdues, dont quelques-unes n'avaient jamais été visitées par l'homme moderne (gouffre de Koboué, O. Koura, Tenibo, O. Attela, etc.) a été l'un des objectifs essentiels de nos missions. Pouvait-il exister pour un ami de la nature un champ de recherches plus passionnant que celui de ces musées oubliés dans quelque échancrure au cœur de l'Ennedi.

1° RELICTES CLIMATIQUES

Toutes ces plantes, si elles sont en voie d'extinction dans notre pays, ne le sont pas dans leur aire actuelle typiquement Sud-soudanienne. Ce sont d'authentiques relictes séparées

Source : MNHN, Paris

de leurs homologues par des distances considérables (500 à 1.000 km ou davantage). Retenons ici les plus spectaculaires :

a. Relictes soudano-guinéennes.

— *Rauvolfia caffra* Sond. est celui dont le tempérament est le plus équatorial. Il en existe un peuplement magnifique de 400 mètres de long à Bachikélé dans le Sud Ennedi.

— *Syzygium guineense* (Willd.) DC. est très abondant au bout de la gorge de Mays, dans le centre Ennedi. Fait lourd de portée, un seul pied subsiste encore, accroché sur une paroi rocheuse suintante, sur le trajet de l'O. Timidinga dans le centre Nord. Nul doute que cet unique exemplaire est l'ultime descendant d'un peuplement ancien qui devait occuper en amont les rives d'un ouadi spacieux, aujourd'hui réduit à un maigre torrent, coulant seulement pendant quelques heures après chaque tornade, sur une dalle rabotée. Le processus s'explique facilement. Avec l'accentuation de la sécheresse et la raréfaction de l'écoulement, le complexe ripicole a été éliminé, le sol non retenu par la végétation a été entraîné, le ruissellement a mis la roche à nu. Le phénomène est irréversible.

Il faut maintenant atteindre la frontière entre la République du Tchad et la République centrafricaine pour rencontrer à 1.000 kilomètres plus au Sud les premiers *Syzygium* le long de la petite Sida, rivière permanente.

— L'*Adina microcephala* (Del.) Hiern est un autre arbre ripicole peu rare, le long des rivières de la zone soudano-guinéenne. Nous l'avons observé dans le Massif des Bongo aux environs du col Quijoux en République centrafricaine où il croît d'ailleurs en compagnie du *Syzygium*. Cette association inattendue du bord des petites rivières de basse montagne au Nord Oubangui (sur le parallèle 8° 30') est digne d'intérêt. Il est permis d'imaginer qu'elles offrent à l'heure actuelle un cadre peu différent de celui qui devait exister dans l'Ennedi préistocène : 1.000 à 1.200 millimètres de pluie, 4 mois de saison sèche pendant lesquels les rivières sont soit à l'étiage, soit asséchées; de hauts arbres le long des cours d'eau, une savane arbustive dense dominant une formation prairiale assez lâche. L'*Adina microcephala* est l'arbre relictuel par excellence de l'Ennedi. Nous l'avons observé dans plus de 13 localités réparties sur tout le Massif, y compris le versant Nord : Archei, Bachikélé, Aoué, Fonoké, Maya, gouffre de Kalouné, Koboué, Kordi Galé, Ouro Galé, Attela, Tenéba, Kennemena, Bimenara, O. Kouro. Il est le meilleur indicateur des stations refuge.

— Les quelques *Vitex doniana* Sweet coincés dans une crevasse à l'entrée de la gorge de Bachikélé appartiennent à la même flore. Le minuscule boqueteau réduit à une dizaine de pieds constitue vraiment l'enclave la plus réduite possible. Enserrés entre des parois abruptes, ils ont réussi à s'accrocher dans une poche du sable toujours humide en profondeur. L'espèce est commune au Sud Tchad en savane forestière.

— *Randia nilatica* Stapf est tout aussi significatif. Élément de la savane boisée, il ne dépasse guère, vers le Nord, le 10e parallèle. Il en existe cependant un petit peuplement de plusieurs dizaines de mètres de longueur, accroché aux rives d'un ouadi en altitude (O. Ounchi) dans le Nord de l'Ennedi (17e parallèle). Il a fallu le hasard de nos pérégrinations pour le découvrir. Pourquoi sont-ils encore là? Peut-être que s'enchevêtrant les uns dans les autres — formant une masse compacte — ont-ils ainsi mieux résisté à la sécheresse.

b. Relictes soudaniennes.

Ces espèces remontent, tout au moins sur la bordure septentrionale de leur aire et dans les stations favorables, jusqu'au 13e parallèle, se trouvant ainsi à quelques 500 kilomètres de l'Ennedi. Leur présence dans notre Massif n'en est pas moins relictuelle.

— *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. DC. est l'exemple le plus frappant. Abondant encore le long des grands « bahr » du Sud et en particulier le long du Batha qui coule Est-Ouest au niveau du 13e parallèle, il existe encore à l'état de quelques rares exemplaires âgés et dépérissants dans l'Ennedi central. Le spectacle de ces arbres luttant contre la mort est assez affligeant. Il est l'expression même d'une relicte en voie de disparition. Il est encore présent dans les sept stations suivantes : O. Basso, Guelta Baatia, Erdébéché, O. Tellebourbou, O. Baatia, O. Dichina, gorge Maya.

— *Hippocratea africana* (Willd.) Loes. ex Engl., liane qui allonge ses rameaux dans le houppier des grands arbres au bord des grandes rivières soudanaises, existe en plusieurs stations dans l'Ennedi. La liane se défend contre la sécheresse en modifiant son port. Elle parvient en s'arrondissant à se contracter. Il lui arrive aussi de coiffer un arbuste bas ou même de recouvrir

Source : MNHN, Paris

entièrement un rocher saillant sur une berge humide. Détail important : l'*Hippocratea* accompagne très souvent d'autres relictes telles que *Diospyros, Randia.* Il se pourrait que ce soit une des plus anciennes relictes comme le suggère son habitat actuel — berges des ouadis du plateau supérieur où il est assez prospère — et son absence des gorges où ne subsistent que des espèces en voie d'extinction.

— *Stereospermum kunthianum* Cham. doit sa survivance dans l'Ennedi à sa faculté de drageonner. Il en existe encore quatre stations modestes représentées chacune par un petit peuplement de rejets probablement issus d'anciens pieds-mères disparus : Kordi Galé, Koboué, O. Baatia, gorge Maya, emplacements tous situés le long de vallées profondément enfoncées. Tout comme le *Diospyros*, il semble que le *Stereospermum* soit plus menacé par la violence des crues que par l'aridité actuelle. Il demeure en effet constamment à la merci d'une crue plus violente, susceptible d'emporter les îlots sur lesquels il se cramponne. On le rencontre encore disséminé en plaine au Nord du 13e parallèle.

— la tache de *Lannea humilis* (Oliv.) Engl. découverte sur un haut plateau, au hasard d'une promenade, est assez révélatrice. Elle montre qu'un arbuste typique de la zone Nord soudanienne peut encore survivre dans l'Ennedi en dehors de tout emplacement exceptionnel. L'Anacardiacée est le dernier témoin de cette savane dense à épineux dominants, telle qu'on la trouve bien constituée à 400 kilomètres au Sud dans les environs d'Abéché, où il est l'un des éléments dominants.

— *Guiera senegalensis* J. F. Gmel. arbuste si banal dans la zone Nord soudanaise, notamment dans les jachères culturales et dans tous les sols usés, se trouve dans l'Ennedi curieusement relégué dans deux stations relictuelles; l'une est située dans la gorge sauvage creusée par l'ouadi Maya où quelques pieds s'accrochent sur un îlot limité par deux bras du lit, l'autre est située sur le plateau décbiqueté de Bachikélé : deux biotopes bien inattendus pour une plante psammophile dans son aire actuelle. Ne serions-nous pas en présence d'un élément dont la patrie d'origine serait les massifs Sud-sahariens et qui aurait envahi par la suite les zones cultivées, au même titre d'ailleurs que le *Faidherbia albida*?

La grande mare de Soboro des hauts plateaux du centre Est de l'Ennedi se couvre, les pluies venues, d'une végétation hydrophytique du plus haut intérêt. Là, se trouvent réunies sur le même plan d'eau, trois plantes caractéristiques des mares d'hivernage de la région soudanienne : *Nymphaea rufescens* Guill. et Perr., *Aponogeton subconjugatus* Schumach., *Utricularia inflexa* Forssk. var. *stellaris* (L. f.) P. Tayl.. Celles-ci se retrouvent, sauf *l'Utricularia*, dans la mare voisine de Bodhoué, mais sont absentes de toutes les autres mares pourtant nombreuses du plateau Erdebé, d'où elles ont très probablement été éliminées. Il a fallu l'emplacement spécial, au fond d'une large cuvette, de la mare de Soboro pour qu'elle recueille chaque année la quantité d'eau suffisante permettant à ces trois aquatiques de se perpétuer. Soboro et Bodhoué sont les deux dernières mares soudanaises de l'Ennedi. Elles le sont encore, malgré l'assèchement climatique, en raison de facteurs topographiques locaux. Il est difficile de proposer un exemple plus typique de station relictuelle.

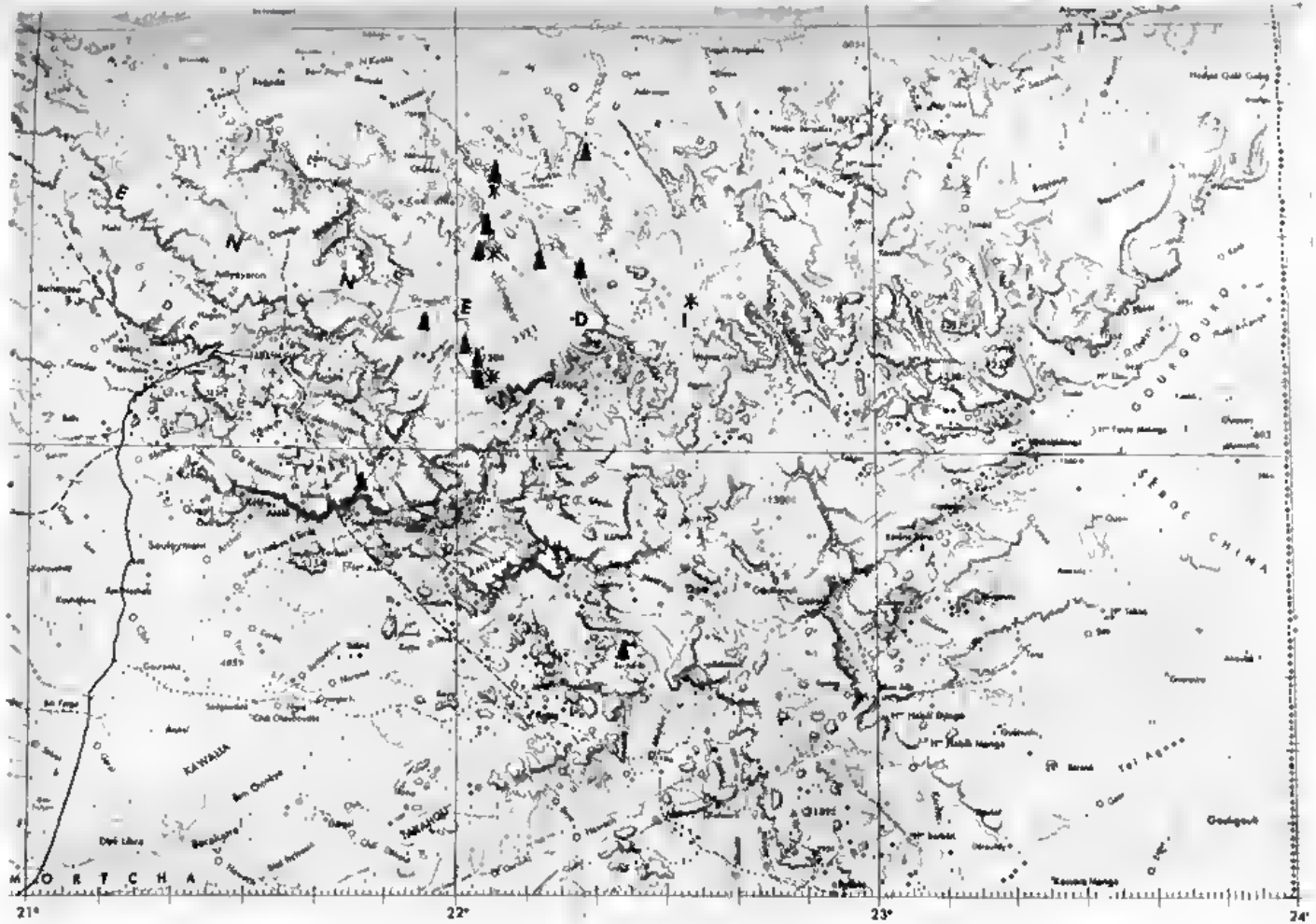
Les vallées entaillées dans le plateau supérieur de l'Ennedi par les ouadis échappent partiellement à l'aridité, grâce à l'eau emmagasinée dans le sable après les crues, et grâce aussi à la persistance de certaines mares ou gueltas qui ne s'assèchent que longtemps après les pluies. Il suffit d'un seul écoulement, et partant, d'une seule pluie, pour reconstituer les réserves d'eau et assurer la mise en activité des végétaux. Ainsi y trouve-t-on bien représentés les *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. et Perr., *Dichrostachys glomerata* (Forssk.) Chiov., *Grewia bicolor* Juss., *Grewia flavescens* Juss., *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst., *Bauhinia rufescens* Lam., et parmi les plantes basses *Andropogon gayanus* Kunth. D'autres sont à l'extrême limite de leur survie et sont connus en un très petit nombre de pieds d'une seule localité : *Clematis hirsuta* Guill. et Perr. [Maya], *Heteropogon contortus* (L.) Beauv. ex Roem. et Schult. [Maya], *Gloriosa simplex* L. [Timidinga], *Hyparrhenia dissoluta* (Nees) C. E. Hubbard [Aoué], *Tephrosia bracteolata* Guill. et Perr. [O. Attela].

Le record de la rareté appartient à un *Cissus*, *Cissus cymosa* Schum. et Thonn., dont un pied unique a été repéré à Maya; depuis sa découverte le 12 octobre 1959, le spécimen se maintient égal à lui-même (1) comme le montre nos observations successives dont la dernière

(1) Il est vrai que j'ai pris la précaution de le protéger sommairement avec quelques palmes prélevées sur les *Phoenix* sauvages voisins.

Source : MNHN, Paris

BIBL. DU MUSEUM D'HIST. NATUR.



▲ Stations relictuelles dans l'Ennedi d'*Adina microcephala* (Del.) Hiern..

✱ Stations relictnelles dans l'Ennedi de *Stereospermum kunthianum* Cham..

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

remonte au 17 août 1965; ceci cadre bien avec les données climatiques puisque l'Ennedi se trouve placé depuis plus d'une décade dans une micropériode humide. Il n'en demeure pas moins que l'Ampélidacée, qui depuis sept ans parvient tout juste à rester en équilibre, est à la merci de la moindre accentuation de la sécheresse. C'est la relicte des relictes.

Tous ces exemples montrent combien son fragiles et précaires les biotopes qui permettent à un certain nombre de plantes de l'Ennedi quaternaire de survivre encore à notre époque.

2° Relictes géographiques

D'autres plantes — d'origine éthiopienne ou des montagnes du Darfur et du Kordofan — et liées au substrat rocheux se trouvent dans l'Ennedi sur la bordure extrême de leur aire de répartition. Reliées par un mince appendice aux Monts du Ouaddaï ou même séparées du Darfur par un vide sans jalons intermédiaires connus, elles occupent une position vraiment excentrique. Il est tout à fait normal que l'aire d'une espèce rupicole soit morcelée quand son habitat se trouve lui-même fragmenté et que les stations soient d'autant plus disjointes que l'on s'écarte davantage de son centre. C'est précisément le cas pour ces plantes orientales qui dans notre Massif se trouvent séparées du gros de l'effectif. Leur valeur biogéographique est considérable. De plus leur aire, en pleine réduction, a tendance à se dissocier en îlots à partir de la marge, là où les conditions sont les plus critiques, chaque îlot constituant une relicte géographique. L'Ennedi en est un.

Parmi ces espèces qui sont toutes rares signalons : *Azanza garckeana* (F. Hoffm.) Exell et Hillcoat (deux stations : O. Biti, O. Maya), *Combretum reticulatum* Fresen (une station : Baatia Erdébéché), *Maesa Schweinfurthii* Mez. (une station : Tenéba), *Premna resinosa* (Hochst.) Schau. (une station : O. Kouro), *Kedrostis gigef* (J.F. Gmel.) C. Jeffrey (quelques stations éparses), et même *Cuscuta hyalina* Heyne ex Roth. (deux stations aur la bordure Nord).

Source : MNHN, Paris

CONCLUSION

L'Ennedi appartient au monde tropical. Les pluies reviennent chaque été. Le mois d'août est le mois le plus arrosé. Il pleut plus à l'intérieur du Massif et en particulier sur le plateau Biti ou dans la région d'Aoué qu'à Fada (307 mm à Bourkouba en 1959 contre 144,8 à Fada). La végétation de l'étage supérieur au-dessus de 900 mètres est soumise à une évaporation moins intense (les maximums sont de 5° moins élevés). Le retour brutal de l'Harmattan dans les premiers jours de septembre sonne le glas de la végétation herbacée.

L'adaptation de la végétation aux conditions xériques est soulignée par le pourcentage élevé de thérophytes (41,3 %), mais le caractère rupicole d'une grande partie de la flore ennedienne se concrétise par un pourcentage important de chaméphytes (26,5 %).

Avec l'arrivée des pluies le réveil de la végétation est subit, mais les graines de certaines espèces présentent plusieurs seuils de sensibilité à l'égard de la quantité minimale d'eau nécessaire pour provoquer leur germination. La majorité des thérophytes lèvent pendant les quatrième et cinquième nuits qui suivent la première grande tornade. La plupart des plantes fleurissent pendant la deuxième quinzaine d'août, mais il en est qui fleurissent au début de la saison sèche et seulement la nuit (*Barleria acanthoides* Vahl).

Les principaux modes connus de dissémination des diaspores existent dans l'Ennedi, mais les espèces munies d'appendices accrochants et propagées par les animaux sont nombreuses. Le genre *Aristida* réalise un type de diaspore complexe. Les eaux de pluie et de ruissellement transportent des quantités de graines de toutes origines. Les fourmis se livrent à un travail actif de récolte et d'engrangement.

L'analyse biogéographique révèle l'absence complète d'élément méditerranéen, mais fait état d'une part, d'une poussée soudanienne (21 %) qui traduit les véritables affinités de la flore, et d'autre part, de la présence d'un élément oriental (15 %) qui donne à l'Ennedi une imprégnation éthiopienne et darfurienne, ce qui est en parfait accord avec sa position géographique.

Enfin l'Ennedi héberge encore à l'heure actuelle une flore composée d'éléments rudéraux qui se trouvent disséminés sur les hauts sommets difficilement accessibles, comme si le Massif était, au même titre d'ailleurs que les autres Massifs Sud sahariens, un herceau possible pour ces plantes qui existaient bien quelque part avant que l'Homme ne les propage.

Ainsi apparaissent les multiples facettes de ce coin de planète resté jusqu'à ce jour presque ignoré des hommes : le Massif de l'Ennedi. Son rôle biogéographique est considérable; une grande partie de l'histoire végétale africaine tertiaire et quaternaire se lit dans les fissures de cet énorme bloc de grès, qui a servi en quelque sorte de caravansérail aux grands courants floristiques africains. Plantes venues d'Afrique du Sud, des Indes, d'Afrique orientale, d'Éthiopie, du Sahara, toutes ont pénétré dans cette citadelle, l'enrichissant petit à petit.

Riche de quelques 526 Phanérogames, la flore de notre Massif est aussi importante que celle de son puissant voisin le Tibesti, pourtant trois fois plus vaste.

Dans les flancs de l'Ennedi, défendue par de puissantes et infranchissables murailles, protégée des vents desséchants de l'Est, vit encore, isolée de tout contact, la même riche florule dont se nourrissaient les éléphants et les hippopotames récemment disparus.

L'Ennedi nous livre encore au vingtième siècle des images inestimables, reflets d'une époque révolue, celle du Sahara quaternaire verdoyant. Dans ses profondeurs, des êtres — animaux et végétaux — y vivent depuis des siècles, voire des millénaires, à l'abri des grandes perturbations naturelles du monde.

Source : MNHN, Paris

BIBLIOGRAPHIE

ADAM, J. G. — Itinéraire botanique en Afrique occidentale. *Éd. Journ. agric. trop. et botan. appliquée*, 1962, 1 vol., 18 pl., 236 p.

ALSTON, A. H. G. — The Ferns and Fern Allies of West tropical Africa. London, *Crown agents for oversea governments and administrations*, 1959, 1 vol., 89 p.

ANDREWS, F. W. — The flowering plants of the Sudan. *T. Buncle*, Arbroath, Scotland, 1950, vol. I, 237 p.; vol. II, 485 p.; 1956, vol. III, 579 p.

AUBREVILLE, A. — Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. 1949, Paris.

AUBREVILLE, A. — Flore forestière soudano-guinéenne. *Soc. d'Édit. Géogr. marit. et col.*, Paris, 1950, 1 vol., 523 p.

BAKER, G. — Notes on *Thespesia*. *Britten's Journal of Botany*, 1897, p. 50-54.

BERHAUT, R. P. — Précisions sur quelques plantes du Sénégal et nouveautés. *Soc. Botan. de Fr.*, Mémoires, 1953-1954, p. 3-8.

BERHAUT, J. — Flore du Sénégal. Brousse et jardins (savanes de l'Afrique occidentale). *Librairie Claira-frique*, Dakar, 1954, 1 vol., 300 p.

BLATTER, E. — Flora arabica. *Rec. of the bot. survey in India*, 1919.

BRAQUAVAL. — Études d'écoulement en régime désertique. Massif de l'Ennedi et région Nord du Mortcha — campagne 1957. *Office de la Recherche scientifique et technique Outre-mer, Commission du Logone et du Tchad*, 1957, 1 vol. ronéotypé, 75 p. plus nombreuses cartes et tableaux. Le nom de l'auteur ne figure pas dans le titre, mais dans un paragraphe à la page 5.

BROUN, A. F. and MASSEY, R. E. — Flora of the Sudan, London, 1929. 1 vol., 502 p.

BRUNEAU DE MIRE, Ph., GILLET, H. et QUEZEL, P. — A propos de quelques vestiges d'une flore monta-gnarde africaine sur les sommets de l'Aïr et du Tibesti. *Journ. d'agric. trop. et de botan. appliquée*, 1957, vol. IV, nos 3-4, p. 152-156.

BERTHE D'ANNELET (De). — Du Cameroun à Alger. Paris, 1932, 1 vol., nombreuses figures et cartes, 843 p.

CAILLEUX, A. — Biogéographie mondiale. *Presses Universitaires de France, Coll. Que sais-je?* n° 590, 1961, 1 vol., 126 p.

CAPOT-REY. — Le Sahara français. Paris, 1953, 1 vol., 22 fig., 8 cartes, 12 pl., 564 p.

CHALMEL (Capitaine). — Notice sur les Bideyat. *Bulletin de la Société des Recherches Congolaises*, Brazzaville, Imprimerie du Gouvernement général, année 1931, n° 15, p. 33-91.

CHEVALIER, A. — Sur les trois périodes de réveil de la nature au Sénégal. *C. R. Acad. Sciences*, 1930, 190, p. 1444-1446.

CHEVALIER, A. — Les productions végétales du Sahara. *Rev. bot. appliquée et agric. trop.*, Sept.-Oct. 1932.

CHEVALIER, A. — Étude sur les prairies de l'Ouest-Africain. *Rev. bot. appliquée et agric. trop.*, 1934, n° 148, p. 845-892; n° 149, p. 17-48; n° 150, p. 109-137.

CHEVALIER, A. — Flore de l'Archipel des Iles du Cap-Vert. *Ed. Rev. bot. appliquée et agric. trop.*, 1935, 1 vol., 357 p.

CHEVALIER, A. — Flore vivante de l'Afrique occidentale française. Paris, 1938, 1 vol.

CHIPPINDALL, L. — The grasses and pastures of south Africa. *Central News Agency*, 1955, 1 vol., 493 fig., 771 p.

CHRIST, H. — Exposé sur le rôle que joue dans le domaine de nos flores la flore dite *ancienne africaine*. *Arch. Sc. Phys. et Nat., Genève, 3e période*, XXVIII, 1892, p. 1-48 et 369-374.

CLAYTON, W. D. — Studies in the *Gramineae* : VI, *Sporoboleae*, the *Sporobolus indicus* complex. *Kew Bulletin*, 1965, vol. 19, n° 2, p. 287-296.

DANSEREAU, P. — Biogeography on ecological perspective. *Ronald Press Co.*, New York, 1957, 394 p.

DANSEREAU, P. — The grading of dispersal types in plant communities and their ecological significance. *Contributions de l'Institut Botanique de l'Université de Montréal*, 1957, n° 72, p. 5-52.

DRAR, M. — Rapport sur l'écologie végétale des régions arides et semi-arides de l'Égypte, d'Érythrée, de Lybie, du Soudan, 5 oct. 1953, Paris, U.N.E.S.C.O. NS AZ 122.

DRAR, M. et TACKHOLM, V. — Flora of Egypt. 1950, *Fouad I University*, vol. I et vol. II.

FURON, R. — Le Sahara, géologie, ressources minérales. 2e éd. entièrement remaniée et mise à jour, *Payot*, 1964, 1 vol., 30 fig., 313 p.

FURON, R. — Réflexions sur la paléogéographie, la tectonique et la morphologie de l'Afrique Nord-équatoriale. Congrès géologique international, plus comptes rendus de la 19e session, Alger, 1952, fasc. XX, publié en 1954, p. 42-51.

Source : MNHN, Paris

GALLANT, R. — Bombarded Earth (An Essay on the Geological and Biological Effects of huge Meteorite Impacts), 1964, *John Baker*, Londres, 27 pl., 20 fig., 256 p.

GILLET, H. — Quelques aspects biogéographiques du Massif montagneux de l'Aïr. *C.-R. som. soc. de biogéographie*, fév. 1957, n° 294, p. 20-25.

GILLET, H. — Compte rendu sommaire d'une Mission dans le Massif de l'Ennedi (Nord-Tchad) et au Djebel Marrah (Soudan) [effectuée par H. GILLET du 20 juillet au 11 novembre 1957]. *Journ. d'agric. trop. et de botan. appliquée*, 1957, n°s 9-10, vol. IV, p. 458-464.

GILLET, H. — Une enclave floristique soudanienne dans le Massif de l'Ennedi (Nord-Tchad). *C.-R. Som. Soc. Biogéographie*, mars 1958, n° 301, p. 172-177.

GILLET, H. — Une mission dans l'Ennedi (Nord-Tchad). *Science et Nature*, mars-avril 1958, n° 26, p. 12-20.

GILLET, H. — Sur quelques plantes relictes du Massif de l'Ennedi (Nord-Tchad). *C.-R. som. soc. de biogéographie*, juin 1958, n° 307, p. 63-68.

GILLET, H. — Rapport sur une Mission scientifique dans l'Ennedi et au Mourdi (Nord-Tchad) [effectuée par H. GILLET du 2 juillet au 15 novembre 1958). *Journ. d'agric. trop. et de botan. appliquée*, nov. 1958, vol. V, n° 11, p. 768-782.

GILLET, H. — Une mission scientifique dans l'Ennedi (Nord-Tchad) et en Oubangui. *Journ. d'agric. trop. et de botan. appliquée*, nov. 1959, vol. VI, n° 11, p. 505-573.

GILLET, H. — Le gouffre de Kobouè. *Science et Nature*, mai-juin 1959, n° 33, p. 13-18.

GILLET, H. — Catalogue raisonné et commenté des plantes de l'Ennedi (Tchad septentrional). 1960, *Ed. Journ. d'agric. trop. et de botan. appliquée*, 1 vol., 6 pl., 158 p.

GILLET, H. — Étude des pâturages du ranch de l'Ouadi Rimé. 1960, *Ed. Journ. d'agric. trop. et de botan. appliquée*, 1 vol., 8 pl., 158 p.

GILLET, H. — Observations sur l'avifaune du Massif de l'Ennedi (Tchad). *L'oiseau et la Revue française d'ornithologie*, 1960, vol. 30, n° 1, p. 45-134.

GILLET, H. — Flore sahélienne tchadienne. Un essai d'analyse biogéographique. *C.-R. Som. Soc. Biogéographie*, fév. 1961, n° 330, p. 8-21.

GILLET, H. — Agriculture, végétation et sol du centre Tchad. Feuilles de Mongo, Melfi, Bokoro, Guera. *Journ. d'agril. trop. et de botan. appliquée*, nov.-déc. 1962, vol. IX, n° 11-12, 4 pl., p. 451-501.

GILLET, H. — Agriculture, végétation et sol du centre et sud Tchad. Feuilles de Mitton, Dagela, Koumra, Moussafoyo. *Ed. Jour. d'agric. trop. et de botan. appliquée*, 1962, 1 vol., 18 pl., 108 p.

GILLET, H. — Pâturages sahéliens, le ranch de l'Ouadi Rimé. 1961, *Ed. Journ. d'agric. trop. et de botan. appliquée*, 1 vol., 21 pl., 210 p.

GILLET, H. — Le mont Aloba. *Science et nature*, mai-juin 1965, n° 69, p. 24-35.

GILLET, H. et BOURREIL, P. — Sur la présence d'un *Aristida* d'Éthiopie et d'Afrique australe dans le massif de l'Ennedi (Nord-Tchad). *Journ. d'agric. trop. et de botan. appliquée*, janv.-fév. 1965, vol. XII, n°s 1-2, p. 108-113.

GILLET, H. et BRUNEAU DE MIRE, Ph. — Contribution à l'étude de la flore du massif de l'Aïr. *Ed. Journ. d'agric. trop. et de botan. appliquée*, 1956, 1 vol., 129 p.

GILLET, H. et QUEZEL, P. — Le genre *Oropetium* Trin. en Afrique française. *Journ. d'agric. trop. et de botan. appliquée*, janv.-fév.-mars 1959, vol. VI, n°s 1-2-3, p. 37-58.

GILLETT, J. B. — *Indigofera* (*Microcharis*) in Tropical Africa. 1958, *Kew Bulletin*, Additional Series I, 1 vol., 166 p.

HALLE, N. — Monographie des hippocratéacées d'Afrique occidentale. *Mémoires de l'I.F.A.N.*, 1 vol., 1962, n° 64.

HEINE, H. — Four representatives of the Saharo-Sindien Element in the Flora of Senegal and Mauritania. 1962, *Kew Bulletin*, 16, n° 2, p. 203-207.

HENRARD, W. Th. — A monography of the genus *Aristida*. Leyden, oct. 1929.

HEPPER, F. N. — Flora of West Tropical Africa hy HUTCHINSON, J. and DALZIEL, J. M. Second edition by HEPPER, F. N., *Crown Agents for oversea governments and administrations*, 1963, vol. II, 1 vol., 544 p.

HOOKER, J. D. et Jackson. — Index Kewensis. Oxford, à partir de 1895.

HOOKER, J. D. — Flora of British India. 1897, Londres, 7 vol.

HUBBARD, C. E. — Notes on african grasses : XXVIII, New Species from tropical Africa. *Kew Bulletin*, n° 1, 1957, p. 58-64.

JACQUES-FELIX, H. — La vie et la mort du Lac Tchad. *Bull. agronomique*, n° 3, mai 1947.

JAEGER, P. — Les plateaux gréseux du Soudan occidental. Leur importance phytogéographique. *Bull. de l'I.F.A.N.*, 1959, T. XXI, série A, p. 1147-1159.

JAEGER, P. — Premier contact avec la flore et la végétation du pl eau de Bandiagara. *Bull. de l'I.F.A.N.*, 1962, T. XXIV, série A, p. 69-111.

JAEGER, P. — La vie étrange des fleurs. *Horizons de France*, 1963, 96 pl., 190 p.

JEAGER P. — Sur l'endémisme dans les plateaux sondanais. *C.-R. som. soc. de biogéographie*, décembre 1965, n° 368, p. 38-48.

KEAY, R.W. J. — Flora of West tropical Africe by HUTCHINSON, J. and DALZIEL, J.M. Second édition revised by KEAY, R. W. J. *Crown agents for oversea governments and ndministrations*, vol. I., part. 1, 1954, et part. 2, 1958, 2 vol., 828 p. en tout.

Source : MNHN, Paris

LEBRUN, J. — Exploration du Parc national Albert, Mission J. LEBRUN (1937-1938), fasc. I, « La végétation de la Plaine alluviale au Sud du Lac Édouard. *Public. de l'Institut des parcs nationaux du Congo belge*, 1947, 108 fig., 800 p.

LEMÉE, G. — Contribution à la connaissance phytosociologique des confins saharo-marocains. Les associations à thérophytes des dépressions sableuses et limoneuses non salées et des rocailles aux environs de Beni-Ounif. *Vegetatio Acta Geobotanica*, juin 1953, vol. IV, fasc. 3, 7 fig., 4 tabl., p. 137-154.

LEMÉE, G. — Contribution à l'étude écologique de la végétation des confins saharo-marocains. 1953, *Special publication n° 2 of the Research Council of Israel*, in cooperation with U.N.E.S.C.O., p. 1-5.

LEREDDE, C. — Étude écologique et phytogéographique du Tassili des Ajjer. *Trav. inst. rech. sahariennes*, Alger, série du Tassili, 1957, T. II, 24 pl., 455 p

MAIRE, R. — Étude sur la flore et la végétation du Sahara central *Mem. soc. hist. nat. Afrique du Nord*, 1933.

MAIRE, R. — Flore de l'Afrique du Nord. *Lechevalier*, vol. I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII.

MASSON, H. — Condensations atmosphériques non enregistrables au pluviomètre. L'eau de condensation et la végétation. *Bull. de l'I.F.A.N.*, 1948, 10, p. 1-181.

MERXMÜLLER, H. — Révision der gattung *Geigeria* Griesselich. *Mitteilungen der Botanischen staatsammlung*, Oktober, 1953, München.

MONOD, Th. — Contribution à l'étude du Sahara occidental, Phanérogames. *Larose*, 1940, fasc. 2.

MONOD Th., — Contribution à l'étude du peuplement dans la Mauritanie. Notes botaniques sur l'Adrar (Sahara occidental). *Bull. de l'I.F.A.N.*, avril 1952, XIV, n° 2, p. 405-449, et janv. 1954, XVI, n° 1, p. 1-48.

MONOD, Th. — Les grandes divisions chorologiques de l'Afrique. *Conseil scientifique pour l'Afrique au sud du Sahara*, Yangambi, 1956, 1 vol., 146 p.

MONOD, Th. — The late tertiary and pleistocene in the Sahara. In : African Ecology and Human Evolution, Chicago, 1963, 14 fig., 3 tabl., p. 119-229.

OLIVER-THISELTON, DYER-PLAIN. — Flora of tropical Africa. 1868-1917, Londres, 11 vol.

OZENDA, P. — Flore du Sahara septentrional et central. *Centre national de la Recherche scientifique*, 1958, 177, fig., 486 p.

OZENDA, P. et QUEZEL, P. — Les Zygophyllacées de l'Afrique du Nord et du Sahara. *Trav. inst. rech. sah.*, T. XIV, 1956, p. 23-83.

PIERRE, F. — Ecologie et peuplement entomologique des sables vifs du Sahara Nord-occidental. 1958, *Publications du Centre de recherches sahariennes*, série biologie, n° 1, 1 vol., 140 fig., 16 pl., 332 p.

PORTERES, R. — Les prairies du Complexe coenotique des Savanes du Néogène sublittoral de la Côte d'Ivoire. *Journal d'agric. trop. et de botan. appliquée*, 1956, vol. III, n° 9-10, p. 587-590.

QUEZEL, P. — Contribution à l'étude de la flore et de la végétation du Hoggar. Alger, 1954, *Institut de recherches sahariennes*, Mon. reg. 2, 1 vol., 10 pl., 164 p.

QUEZEL, P. — Plantes recueillies dans le massif de l'Ennedi par M. DALLONI. *Tr. Inst. rech. Sahar.*, Univ. Alger, T. XIV, 1er et 2e sem. 1956, p. 197-199, 1 pl.

QUEZEL, P. — Mission botanique au Tibesti, Alger, 1958. *Institut de recherches sahariennes*, Mémoire n° 4, 1 vol., 30 ph., 357 p.

QUEZEL, P. — La végétation du Sahara. Du Tchad à la Mauritanie. 1965, *Gustav Fischer Verlag*, Stuttgart, 72 fig., 15 cartes, 93 tabl., 4 pl., 333 p.

QUEZEL, P. et SANTA, S. — Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. *Editions du Centre national de la Recherche scientifique*, T. I, 1962 ; T. II, 1963, 42 p., nombreuses pl., 1.170 p.

RAYNAL, A. — Flore et végétation des environs de Kayar (Sénégal) : de la côte au Lac Tanma. *Annales de la Faculté des sciences de l'Université de Dakar*, année 1963, T. IX, 24 fig., 12 pl., p. 121-231.

ROCHE, M. — Études d'écoulement en régime désertique. Massif de l'Ennedi, campagne 1958. *O.R.S.T.O.M., O.C.R.S.*, Commission scientifique du Logone Tchad, déc. 1958, 1 vol. ronéotypé, 80 p. plus nombreux tableaux et annexes. Le nom de l'auteur ne figure pas dans le titre, mais est mentionné dans le texte à la page 1.

ROCHE, M. — Etudes d'écoulement en régime désertique. Plaine du Mortcha et massif de l'Ennedi, campagne 1959. *O.R.S.T.O.M., O.C.R.S.*, mars 1960, 1 vol. ronéotypé, 80 p., plus 5 pl. ph. et nombreux tableaux et annexes.

ROSS-CRAIG, S. — A revision of the genus *Sphaeranthus*. Hookers *Icones Plantarum*, 1954, t. 3.505 B, vol. VI, part. 1.

SCHNELL, R. — Végétation et flore des Monts Nimba. *Vegetatio Acta Geobotanica*, 1951, vol. III, fasc. 6, p. 350-406.

SCHNELL, R. — Végétation et flore de la région montagneuse du Nimba. — *Mem. I.F.A.N.*, 1952, Dakar, 1 vol., 42 fig., 24 pl., 582 p.

SHERFF, E. E. — The genus *Bidens*. *Field Museum Nat. Hist,*. 1937, Chicago, vol. XVI.

TARDIEU-BLOT M.-L. — Les Pteridophytes de l'Afrique intertropicale française. *Mém. I.F.A.N.*, Dakar, 1953, suite in « *Mélanges biologiques* », id. 1957.

TILHO, J. — Une mission scientifique de l'Institut de France en Afrique centrale (Tibesti, Borkou, Ennedi). *C.R. Ac. sciences*, 9 mai et 2 juin 1919, 168, p. 984-988 et 1.081-1.085.

Source : MNHN, Paris

Tilho, J. — Du Lac Tchad aux montagnes du Tibesti. 1926, Paris, 1. vol. imprimé par l'auteur, 10 pl. et cartes, XI + 92 p.

Trochain, J. — Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal. *Mém. I.F.A.N.*, 1940, n° 2, 1 vol., 29 pl., 433 p.

Trochain, J. — Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique tropicale, *Bull. Inst. Et. Centraf.*, 1957, 2, p. 55-93.

Turril. W. B. and Milne-Redhead, E. — Flora of tropical east Africa. *Onagraceae* (1953), *Pedaliaceae* (1953), *Chenopodiaceae* (1954), *Caryophyllaceae* (1956). *Crown agents for oversea governments and administrations.*

Viriot, R. — La végétation canaque. *Mémoire du Muséum national d'Histoire naturelle*, série B, Botanique, T. VII, fascicule unique, 1956, 400 p.

Source : MNHN, Paris

LISTE DES NOMS GÉOGRAPHIQUES CITÉS

et mention de leurs coordonnées

Les noms indiqués ci-après sont ceux utilisés par les habitants du pays, et plus spécialement par ceux qui circulent à travers le Massif et y vivent dans des campements provisoires. Ils sont donc en langue gorane. Le nom s'attache assez souvent à un point précis, comme un bloc rocheux remarquable par sa forme (Nordaemanna, Tegouli, Aloha, Ouagif), une source (Aoué, Timidinga, Ouro Galé, Kordi Galé), une guelta importante (Guerria, Akiabané, Koubé Basso), ou une mare temporaire (Bodhoué, Soboro), mais le plus souvent il désigne un oued ou une portion d'oued ainsi que les régions immédiatement avoisinantes. Dans l'Ennedi le moindre oued porte un nom, dans certains cas connu seulement d'un petit groupe d'habitants. Si l'oued est important son nom change suivant la partie intéressée (exemple Nohi Chilio, Nohi Mahamé, Nohi Daïba, Nohi Ohi, Nohi Bigueur, etc.).

Les coordonnées mentionnées ici, lorsqu'il s'agit d'un secteur ayant une certaine étendue, s'appliquent à la station même où les observations et les récoltes ont été effectuées.

Noms	Latitude	Longitude	Pages
Aga Dubé	17° 45′	23° 10′	22, 58, 126.
Agouié	17° 03′	22° 37′	59.
Akiabané	17° 29′	22° 24′	121, 129.
Aloba	16° 45′	22° 13′	5, 27, 44, 50, 54 73, 85, 86, 93, 103, 127, 129,145, 146.
Am Diguine	16° 59′	21° 51′	93, 99.
Angrettaha	17° 08′	21° 55′	14, 15, 32, 74, 76.
Aoué	17° 12′	22° 01′	14, 15, 20, 24, 25, 34, 39, 40, 58, 62, 76, 90, 140, 146, 150, 158, 159, 160, 162.
Archeï (guelta)	16° 54′	21° 54′	9, 14, 51, 92, 128, 158, 159.
Archi O.	17° 43′	22° 10′	25, 123.
Arroué	17° 00′	21° 50′	35, 48, 74, 99.
Attakou	17° 31′env.	22° 25′	88, 90, 93, 96.
Attela	17° 25′	22° 11′	82, 129, 158, 159, 160.
Baaba O.	16° 57′	22° 06′	86, 87.
Baatia O.	17° 21′	22° 34′	159, 160.
Baatia guelta	17° 24′	22° 05′	159.
Bachikélé	16° 31′	22° 21′	4, 9, 14, 20, 21, 24, 25, 28, 38, 39, 52, 81, 82, 85, 86, 87, 127, 129, 141, 159, 160.
Bagada	17° 54′	21° 41′	29, 51, 91.
Balba	17° 10′	22° 19′	45, 77, 100, 103.
Bamena	16° 46′	21° 53′	85.
Basso O.	17° 14′	22° 22′	83, 91, 159.
Bayrkou	16° 40′	23° 04′	33.
Bechiboué	17° 04′	22° 32′	83.
Bici O.	17° 38′	22° 55′	73, 97.
Bimenara	17° 07′	22° 02′	92, 159.
Bir Berdoba	16° 01′	22° 54′	24, 83.
Birré O.	17° 42′	22° 05′	25, 93.
Bir Sultane	17° 42′	22° 22′	91, 93, 158.

Source : MNHN, Paris

Noms	Latitude	Longitude	Pages
Biti Erténé	17° 12′	22° 03′	74, 83.
Biti Kataedaekiélé	17° 12′	22° 06′	14, 15, 89, 90.
Biti Kourtadié	17° 14′	22° 13′	91.
Biti Menalla	17° 14′	22° 15′	32, 34.
Biti Merdili	17° 15′	22° 13′	89, 98.
Bodhoué	17° 02′	22° 26′	25, 57, 59, 87, 90, 160.
Bourkouba	17° 10′	21° 53′	14, 15, 25, 76, 90, 93, 162.
Brou	16° 54′	22° 28′	44, 52, 86, 87, 90, 96, 99.
Chignita	16° 50′	22° 21′	87.
Damas (= Yahokal)	17° 02′	22° 34′	57, 84, 89, 91, 148.
Déli	16° 50′	21° 28′	4, 9, 32, 58, 72, 121, 127, 128, 145.
Dichina O.	17° 25′env.	22° 17′	74, 88, 100, 159.
Diekouelé	16° 59′	21° 56′	74.
Diona	17° 52′	22° 39′	47, 58.
Djalioké	16° 55′	21° 56′	55.
Djokolo, voir Koroni.			
Djorma	17° 25′	22° 00′	32, 47, 74, 90, 93.
Dougouro O.			32, 47, 74, 154, 158.
Eliakao	17° 02′	21° 41′	14, 15.
Elly O. (= O. Ely)	17° 17′	22° 46′	35, 47, 73, 74, 84, 88, 90, 99.
Erbé	17° 11′	21° 48′	83, 85, 96.
Erdébéché O.	17° 25′	22° 04′	84, 89, 90, 140, 159, 161.
Erdi O.	17° 01′	21° 05′	87.
Fada	17° 11′	21° 35′	4, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 37, 38, 40, 49, 51, 52, 56, 58, 76, 78, 92, 107, 120, 126, 150, 162.
Fonoké	17° 10′	22° 02′	150, 159.
Gourka	17° 04′	22° 27′	11, 26, 27, 32, 34, 39, 87, 94, 96.
Guerria	16° 58′	22° 27′	83, 99.
Guilikorou	16° 49′	21° 50′	54, 83, 85.
Guirkaké	17° 02′	22° 35′	81, 88.
Ito	22° 29′	16° 18′	4, 52, 83.
Kanoé O.	16° 52′	22° 12′	83.
Kaoua O.	16° 50′	23° 24′	73.
Kechéli	16° 54′	21° 54′	103.
Keechi	16° 51′	22° 18′	134, 146.
Kehel	16° 50′	22° 34′	25, 27, 32, 33, 37, 45, 57, 59, 86, 87, 88, 96, 97.
Kennemena	17° 21′	22° 19′	82, 88, 121, 129, 159.
Kettara O.	16° 47′	22° 24′	52.
Kika guelta	17° 31′	21° 36′	51, 74.
Koboué Gouffre	17° 26′	22° 03′	32, 57, 82, 88, 96, 97, 98, 100, 121, 129, 158, 159, 160.
Kolnamena	16° 59′	23° 23′	
Kordi O.	16° 38′	22° 01′	88, 154, 158.
Kordi Galé	17° 36′	22° 06′	82, 89, 100, 159, 160.
Koroni (= Korouni)	17° 11′	22° 20′	34, 52, 88, 89.
Korrou TO.	16° 37′	23° 00′	27, 32, 87, 93, 121.
Kossomaba	17° 07′	21° 57′	21, 22, 24, 25, 27, 29, 33, 35, 38, 56, 77, 78, 84, 92.
Koubé Basso	17° 16′	22° 22′	14, 25, 27, 35, 37, 40, 83, 88, 146.
Kourien Doulien	17° 07′	21° 38′	14, 103.
Kouro	17° 17′	21° 54′	32, 57, 82, 104, 140, 150, 158, 159, 161.
Kriss Kehel	16° 41′	22° 44′	32.
Magordonga	17° 40′	22° 52′	97.
Marmarigna	17° 44′	21° 35′	51, 107.

Source : MNHN, Paris

Noms	Latitude	Longitude	Pages
Matar O.	17° 45′	22° 39′	54, 73.
Maya	17° 09′	22° 03′	4, 15, 24, 37, 39, 40, 57, 58, 82, 91, 121, 129, 137, 140, 146, 150, 154, 158, 159, 160, 161.
Merdelé (= Séméré)	16° 59′	22° 28′	
Meyer	17° 36′	22° 28′	88.
Mezeur Kri	17° 13′	22° 38′	47, 57, 90, 99.
Michero	17° 39′	22° 29′	48, 54, 57, 73, 81, 88, 80, 90, 96, 97, 158.
Mornou	17° 29′	23° 10′	32, 34.
Mouhore	17° 38′	21° 46′	91.
Naguarbé	17° 10′	22° 37′	59.
N'Dou O.	17° 01′	21° 23′	120, 128.
N'Kaola O.	17° 55′	21° 45′	13, 52, 90, 91.
Nohi Bigueur	16° 55′	22° 10′	158.
Nohi Chilio	16° 49′	21° 57′	14, 41, 48, 74, 86, 128.
Nohi Daïba	16° 53′	22° 07′	
Nohi Mahamé	16° 49′	22° 01′	32, 43, 45, 46, 74, 89, 90, 96.
Nohi Oberri	16° 48′	21° 58′	32, 35, 42, 45.
Nohi Ohi	16° 52′	22° 01′	41.
Nordaemanna	17° 12′	21° 41′	14, 15.
Ohouka O.	17° 15′	21° 37′	47, 74, 84, 90.
Ofro ou Offro	17° 00′	22° 14′	86, 96.
Orocheb	17° 46′	22° 51′	90, 96, 97.
Ortobi	17° 05′	22° 36′	87, 90, 91, 104.
Ouko O.	17° 47′	22° 15′	25, 74.
Ouro Galé	17° 39′	22° 19′	57, 73, 88, 158, 159.
Ousaké	17° 23′	22° 29′	83, 159.
Sania	16° 33′	22° 14′	21, 24.
Sebé	16° 42′	22° 19′	14, 20, 25, 86.
Sini O.	16° 44′	22° 22′	22, 25, 27.
Soboro	17° 01′	22° 31′	25, 52, 57, 58, 59, 81, 89, 96, 97, 160.
Somoro	16° 45′	21° 53′	85.
Tarchia	17° 05′	21° 44′	83.
Tebédé	16° 41′	22° 50′	32, 46, 74, 86, 87, 93, 96, 97.
Tegouli	17° 03′	21° 57′	83.
Tellebourbou	17° 28′	22° 25′	90, 96, 98, 158, 159.
Teneba	17° 06′	22° 02′	15, 150, 158, 159, 161.
Timidinga	17° 19′	22° 19′	159, 160.
Titimé	17° 10′	21° 57′	76.
Togosao	17° 20′ env.	22° 30′	32, 34, 41, 47, 57, 88, 88, 90, 96.
Tokomichi	17° 09′	22° 21′	86.
Tooué Honi	16° 48′	22° 05′	85.
Tourba	17° 11′	21° 47′	14, 15, 25, 32, 34, 73, 74, 83, 85
Tourbatoane	17° 15′	21° 51′	47, 74, 88.
Tourkou	17° 36′	22° 08′	25, 88, 90, 91.
Toutou	17° 28′	22° 19′	88.

Yahokeï, voir Damas.

Source : MNHN, Paris

TABLEAU GÉNÉRAL DES PLANTES SPONTANÉES DE L'ENNEDI,
classées par famille, avec mention de leur forme biologique et de leur aire de répartition.

Famille	Nom	Forme biologique (1)	Stratification	Région ou domaine géographique
Ranunculaceae	*Clemotis hirsuta* Guill. et Perr.	Ph l.	6	Sud soudanien.
Nympheaceae	*Nymphaea rufescens* Guill. et Perr.	Hy.		Nord soudanien.
Menispermaceae	*Cissampelos mucronata* A. Rich.	Ch g.	4	Soudanien intertropical.
	Cocculus pendulus (J.-R. et G. Forst.) Diels	Ph l.	5	Afrique tropicale sèche extensive.
	Tinospora bakis (A. Rich.) Miers	Ph l.	2	Sud sahélien, Nord soudanien.
Aristolochiaceae	*Aristolochia bracteolata* Lam.	Ch g.	5	Sahélien oriental.
Capparidaceae	*Boscia angustifolia* A. Rich.	meso Ph.	2	Sud sahélien.
	Boscia salicifolia Oliv.	micro Ph.	2	Soudanien oriental et Afrique australe.
	Boscia senegalensis (Pers.) Lam. ex Poir.	micro Ph.	2	Sahélien.
	Cadaba farinosa Forssk.	micro Ph.	2	Sud sahélien, Nord soudanien.
	Cadaba glandulosa Forssk.	nano Ph.	4	Nord sahélien.
	Capparis decidua (Forssk.) Edgew.	micro Ph.	2	Sahélo indien.
	Capparis galeata Fresen	nano Ph.	3	Soudano-décanien oriental.
	Cleome arabica L.	Te.	5	Nord sahélien, Sahara.
	Cleome brachycarpa Vahl ex DC.	Ch suf.	5	Nord sahélien, Sahara.
	Cleome monophylla L.	Te.	5	Sahélien extensif.
	Cleome scaposa DC.	Te.	6	Sahélien.
	Cleome tenella L.	Plur.	6	Sahélo indien, Afrique orientale.
	Cleome viscosa L.	Te.	4 ou 3	Sahélien.
	Crateva religiosa Forst. f.	micro Ph.	5	Sahélien extensif.
	Gynandropsis gynandra (L.) Briq.	Te.	5	Pantropical.
	Maerua crassifolia Forssk.	micro Ph.	2	Liaison Sahel-Sahara.
	Maerua oblongifolia (Forssk.) A. Rich.	Ch g.	4	Sahélien oriental.
Crucifères	*Coronopus niloticus* (Del.) Spreng.	Tp.	6	Saharo-méditerranéen oriental.
	Farsetia aegyptiaca Turra	Plur.	5	Liaison Sahel-Sahara tropical.
	Farsetia ramosissima Hochst. ex Fourn.	Plur.	5	Liaison Sahel-Sahara tropical.
	Farsetia stenoptera Hochst.	Te.	4	Sahélien.
	Morettia canescens Boiss.	Plur.	6	Saharien tropical.
	Morettia philaeana (Del.) DC.	Plur.	5	Saharien méridional et oriental.
	Schouwia Schimperi Jaub. et Spach	Te.	5	Sahara méridional.
Résédaceae	*Ochradenus baccatus* Del.	Ch phan.	3	Éthiopien.
Polygalaceae	*Polygala erioptera* DC.	Plur.	5	Sahélien.
	Polygala irregularis Boiss.	Te.	5	Sahel central.
	Polygala Murati J. Félix	Ch suf.	5	Endémique.
[illegible]	[illegible]	Plur.	6	[illegible]
Elatinaceae	*Bergia ammannioides* Heyne ex Roth	Te.	6	Paléotropical.
	Bergia Mairei P. Quezel	Ch asc.	5	Sahara central.
	Bergia suffruticosa (Del.) Fenzl	Ch asc.	5	Paléotropical.
Caryophyllaceae	*Polycarpaea corymbosa* (L.) Lam.	Te.	6	Tropical et subtropical.
	Polycarpon prostratum (Forssk.) Asch. et Schweinf.	Tp.	6	Pantropical.
	Robbairea confusa Maire	Te.	6	Liaison sondano-Sahara.
Molluginaceae	*Corbichonia decumbens* (Forssk.) Exell	Ch p.	6	Érémitique Nord-Sud tropical.
	Giesekia pharnacioides L.	Te.	6	Afrique intertropicale.
	Glinus lotoides L.	Tp.	6	Tropical et méditerranéen.
	Limeum diffusum (Gay) Schinz	Te.	6	Sahélien et Afrique australe.
	Limeum indicum Stocks ex T. Anders.	Ch p.	6	Liaison Nord sahélo-indien Sahara tropical.
	Limeum pterocarpum (Gay) Heimerl.	Te.	6	Sahélien et Afrique australe.
	Limeum viscosum (Gay) Fenzl	Te.	6	Liaison Sahel-Sahara.
	Mollugo cerviana (L.) Seringe	Te.	6	Tropical et subtropical.
	Mollugo nudicaulis Lam.	Tr.	6	Paléotropical.
Ficoidaceae	*Trianthema pentandra* L.	Te.	5	Paléotropical.
	Trianthema polysperma Hochst. ex Oliv.	Te.	6	Sahélien.
Portulacaceae	*Portulaca oleracea* L.	Te.	5	Cosmopolite.
	Talinum caffrum (Thunb.) Eckl. et Zeyh.	Grt.	5	Soudanien oriental.
Polygonaceae	*Oxygonum atriplicifolium* (Meisn.) Martelli	Te.	5	Soudanien oriental.
	Polygonum plebeium R. Br.	Tp.	6	Paléotropical.
	Polygonum salicifolium Brouss. ex Willd.	Te.	5	Afrique intertropicale extensive.
	Rumex vesicarius L.	Te.	6	Sahara méditerranéen.
Chenopodiaceae	*Chenopodium murale* L.	Te.	5	Cosmopolite.
	Cornulaca monacantha Del.	nano Ph.	4	Sahara tropical.
	Salsola baryosma (Schult.) Dandy	Ch phan.	3	Nord Sahara.
Amarantaceae	*Achyranthes argentea* Lam.	Te.	5	Tropical et subtropical.
	Aerva javanica (Burm. f.) Juss. ex Schult.	Ch phan.	3	Afrique tropicale sèche extensive.
	Alternanthera nodiflora R. Br.	Tp.	6	Paléotropical et subtropical.
	Alternanthera sessilis (L.) R. Br. ex Roth	Ch p.	6	Thermocosmopolite.
	Amaranthus graecizans L.	Te.	5	Cosmopolite.
	Amaranthus viridis L.	Te.	5	Thermocosmopolite.
	Celosia trigyna L.	Te.	6	Soudanien intertropical.
	Celosia populifolia Moq.	nano Ph.	3	Éthiopien.
	Nothosaerva brachiata (L.) Wight	Te.	6	Soudano-indien.
	Pupalia lappacea (L.) Juss.	Te.	5 ou 4	Paléotropical.

(1) Pour a signification des abréviations voir p. 69.

Source : MNHN, Paris

Famille	Nom	Forme biologique	Stratification	Région ou domaine géographique
Zygophyllaceae	*Fagonia arabica* L.	Plur.	6	Sahara méridional.
	Fagonia Bruguieri DC.	Plur.	6	Sahara tropical.
	Fagonia Flamandi Battandier	Plur.	6	Shara tropical.
	Fagonia latifolia Del.	Plur.	6	Saharien.
	Fagonia Olivieri Boiss.	Plur.	6	Sahara tropical.
	Seetzenia orientalis Decne. = *Seetzenia africana* R. Br.	Tp.	6	Sahara méridional.
	Tribulus bimucronatus Viv.	Tp.	6	Liaison Sahel-Sahara.
	Tribulus longipetalus Viv.	Tp.	6	Sahara méridional.
	Tribulus ochroleucus Maire	Tp.	6	Sahara méridional.
	Tribulus terrestris L.	Tp.	6	Thermocosmopolite.
	Zygophyllum simplex L.	Tp.	6	Afrique tropicale.
Geraniaceae	*Monsonia nivea* (Decne.) Decne. ex Webb	Te.	6	Saharien.
	Monsonia senegalensis Guill. et Perr.	Te.	6	Sahélo-indien.
Lythraceae	*Ammannia aegyptiaca* Willd.	Te.	6	Afrique orientale.
	Ammannia senegalensis Lam.	Te.	6	Afrique tropicale.
	Nesaea crassicaulis (Guill. et Perr.) Koehne	Te.	5	Afrique intertropicale.
Onagraceae	*Ludwigia erecta* (L.) Hara	Te.	5	Pantropical.
	Ludwigia octovalvis (Jacq.) Rav. subsp. *brevisepala* (Brenan) Rav.	Ch suf.	5	Afrique intertropicale.
Nyctaginaceae	*Boerhaavia coccinea* Mill.	Tg.	6	Pantropical.
	Boerhaavia elegans Choisy	Ch g.	6	Éthiopien.
	Boerhaavia repens L.	Tp.	6	Afrique intertropicale.
	Boerhaavia sp. nov.	Ch suf.	4	Endémique.
	Boerhaavia viscosa Lag. et Rodr.	Tp.	6	Liaison Sahel-Sahara.
	Commicarpus montanus B. de Miré, Gillet et Quézel.	Ch suf.	4	Endémique Massifs Sud-Sahariens.
	Commicarpus verticillatus (Poir.) Standl.	Ch g.	2 ou 3	Liaison Sahel-Sahara.
Tamaricaceae	*Tamarix Balansae* J. Gay	micro Ph.	2	Nord saharien.
	Tamarix gallica L.	meso Ph.	2	Nord saharien.
Cucurbitaceae	*Coccinia grandis* (L.) J.O. Voigt	Tg.	3 ou 2	Afrique intertropicale et Indes.
	Colocynthis vulgaris Schrad.	Tg.	6	Liaison Sahel-Sahara.
	Corallocarpus corallinus (Naud.) Cogn.	Ch g.	5	Kordofan.
	Ctenolepis cerasiformis (Stocks) Naud.	Tg.	4	Soudano-indien intertropical.
	Cucumis ficifolius A. Rich.	Ch p.	6	Sahélien.
	Cucumis melo L. var. *agrestis* Naud.	Tg.	6	Sahélo-indien.
	Cucumis prophetarum L.	Ch p.	[illegible]	[illegible]
	Cucumis pustulatus Hook. f.	Ch g.	5	[illegible] oriental.
	Kedrostis gijef (J. F. Gmel.) C. Jeffrey	Ch g.	5	Kordofan.
	Lagenaria siceraria (Molina) Standl.	Tg.	3	Pantropical.
	Momordica balsamina L.	Tg.	3	Tropical et subtropical.
	Zehneria anomala C. Jeffrey	Ch g.	5	Éthiopien, Kordofan, Afrique orientale
Myrtaceae	*Sygygium guineense* (Willd.) DC.	méso Ph.	1	Soudano-guinéen.
Combretaceae	*Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. et Perr.	méso Ph.	1	Soudano-guinéen.
	Combretum aculeatum Vent.	nano Ph.	3	Sahélien et Afrique orientale.
	Combretum gallabatense Schweinf.	méso Ph.	1	Soudanien oriental.
	Combretum reticulatum Fresen	méso Ph.	1	Éthiopien, Dorsale centrafricaine.
	Guiera senegalensis J. F. Gmel.	nano Ph.	3	Sud sahélien, Nord soudanien.
Tiliaceae	*Corchorus depressus* (L.) C. Christensen	Ch p.	6	Liaison Nord Sahel-Sahara tropical.
	Corchorus olitorius L.	Te.	5	Afrique intertropicale.
	Corchorus tridens L.	Te.	6	Paléotropical.
	Grewia bicolor Juss.	micro Ph.	2	Soudano-décano-zambézien.
	Grewia flavescens Juss.	micro Ph.	2	Sud sahélien, Nord soudanien.
	Grewia tenax (Forssk.) Fiori	micro Ph.	2	Sahélo-indien.
	Grewia villosa Willd.	micro Ph.	2	Sahélo-indien et Afrique orientale.
Sterculiaceae	*Hermannia modesta* (Ehrenb.) Mart.	Te.	6	Nord sahélien oriental.
	Hermannia tigreensis Hochst. ex A. Rich.	Te	6	Nord sahélo-indien.
	Melhania Denhamii R. Br.	Ch phan.	4	Nord sahélo-indien.
	Melhania grandibracteata K. Schum.	Ch phan.	4	Éthiopien.
	Melhania ovata (Cav.) Spreng.	Ch phan.	5	Sahélo-indien.
	Waltheria indica L.	Ch phan.	3	Pantropical.
Malvaceae	*Abutilon fruticosum* Guill. et Perr.	Ch phan.	4	Liaison Nord Sahel-Sahara tropical.
	Abutilon pannosum (Forst. f.) Schlechtend.	Ch phan.	4	Afrique tropicale sèche extensive.
	Azanza garckeana (F. Hoffm.) Exell et Hillcoat	meso Ph.	2	Dorsale Centre et Sud africaine.
	Cienfuegosia digitata Cav.	Ch suf.	5	Sahélien et Afrique sèche australe.
	Gossypium anomalum Wawra	nano Ph.[1]	3	Sahélien et Afrique sèche australe.
	Gossypium somalense (Gürke) J. B. Hutch.	nano Ph.	3	Somalien.
	Hibiscus asper Hook.	Te.	3	Afrique intertropicale.
	Hibiscus micranthus L.	Ch phan.	3	Afrique tropicale sèche extensive.
	Hibiscus rhabdotospermus Garcke	Ch suf.	5	Éthiopien.
	Hibiscus sabdariffa L.	Te.	3	Pantropical.
	Hibiscus sidiformis Baill.	Te.	5	Sahélien et soudanien.
	Pavonia arabica Steud. et Hochst. ex Boiss.	Ch phan.	5 ou 4	
	Pavonia Kotschyi Hochst. ex Webb	Ch suf.	5	Sahélien oriental.
	Pavonia triloba Guill. et Perr.	Ch suf.	5	Sahélien oriental montagnard.
	Sida alba L.	Ch phan.	4	Afrique intertropicale.
	Sida grewioides Guill. et Perr.	Ch phan.	4	Sahélien.

Source : MNHN, Paris

Famille	Nom	Forme biologique	Stratification	Région ou domaine géographique
Euphorbiaceae.....	*Chrozophora plicata* (Vahl) A. Juss. ex Spreng.	Ch p.	6	Sahélien et Afrique sèche australe.
	Chrozophora senegalensis (Lam.) A. Juss. ex Spreng.	nano Ph.	3	Sahélien et soudanien.
	Croton lobatus L.	Ch suf.	5	Soudano-éthiopien.
	Dalechampia scandens L.	Ch g.	5	Sahélien et Afrique sèche orientale et australe.
	Euphorbia acalyphoides Hochst. ex Boiss.	Te.	5	Éthiopien extensif.
	Euphorbia aegyptiaca Boiss.	Tp.	6	Paléotropical.
	Euphorbia granulata Forssk.	Tp.	6	Liaison Sahara-Afrique tropicale.
	Euphorbia hirta L.	Te.	6	Pantropical.
	Euphorbia scordifolia Jacq.	Phr.	6	Sahélien.
	Phyllanthus maderaspatensis L.	Ch suf.	5	Paléotropical.
	Phyllanthus Niruri L.	Te.	6	Sahélo-indien.
	Phyllanthus rotundifolius Klein ex Willd.	Te.	6	Sahélo-indien.
	Ricinus communis L.	Phr.	4 ou 5	Thermocosmopolite.
	Securinega virosa (Roxb. ex Willd.) Baill.	micro Ph.	2	Paléotropical soudanien.
Rosaceae.....	*Neurada procumbens* L.	Tp.	6	Saharo-sindien.
Caesalpiniaceae.....	*Bauhinia rufescens* Lam.	micro Ph.	2	Soudanien.
	Cassia absus L.	Te.	5	Afrique intertropicale.
	Cassia italica (Mill.) Lam. ex F. W. Andr.	Ch phan.	5	Afrique tropicale sèche extensive.
	Cassia nigricans Vahl	Te.	5	Sahélo-indien.
	Cassia occidentalis L.	Phr.	4	Pantropical.
	Cassia senna L.	Ch phan.	5	Nord-sahélien.
	Cassia tora L.	Te.	5	Afrique intertropicale.
	Piliostigma reticulatum (DC.) Hochst.	micro Ph.	2	Soudanien.
	Tamarindus indica L.	méso Ph.	1	Paléotropical soudanien.
Mimosaceae.....	*Acacia flava* (Forssk.) Schweinf.	micro Ph.	2	Nord Sahel, Sahara.
	Acacia laeta R. Br. ex Benth.	micro Ph.	2	Sahélien oriental.
	Acacia mellifera (Vahl) Benth.	micro Ph.	2	Éthiopien.
	Acacia nilotica (L.) Willd. ex Del.	méso Ph.	1	Afrique tropicale sèche.
	Acacia nubica Benth.	micro Ph.	2	Éthiopien.
	Acacia raddiana Savi	méso Ph.	2	Sahel, Sahara.
	Acacia senegal (L.) Willd.	méso Ph.	2	Sud sahélo-indien.
	Acacia seyal (Del.).	méso Ph.	2	Nord soudanien.
	Albizia sericocephala Benth.	méso Ph.	2	Sahélo-indien oriental.
	Dichrostachys glomerata (Forssk.) Chiov.	micro Ph.	2	Soudanien intertropical.
	Euphorbia albida (Del.) A. Chev.	méso Ph.	1	Liaison Sahara-Afrique tropicale, Afrique orientale.
Papilionaceae.....	*Aeschynomene indica* L.	Te.	6	Pantropical.
	Alysicarpus ovalifolius (Schum. et Thonn.) J. Leroy	Phr.	6	Pantropical.
	Argyrolobium uniflorum (Decne.) Jaub. et Spach	Tp.	6	Nord saharien.
	Astragalus Hoggarii (Vatke) Hornem.	Ch phan.	4 ou 3	Éthiopien, Afrique orientale.
	Crotalaria laburnifolia L.	Tp.	6	Nord sahélien.
	Crotalaria microphylla Vahl	Te.	3	Afrique intertropicale.
	Crotalaria mucronata Desv.	Te.	5	Sud sahélien, Nord soudanien et Afrique orientale.
	Crotalaria podocarpa DC.	Te.	5	Sahélien et soudanien.
	Crotalaria senegalensis (Pers.) Bacle ex DC.	Ch suf.	5	Sahara oriental.
	Crotalaria thebaica (Del.) DC.	Te.	6	Sahélien et Afrique sèche australe.
	Cyamopsis senegalensis Guill. et Perr.	Ch suf.	5 ou 4	Liaison Nord Sahel-Sahara.
	Indigofera argentea Burm. f.	Te.	6	Sahélien.
	Indigofera aspera Perr. ex DC.	Te.	5	Afrique intertropicale.
	Indigofera astragalina DC.	Te.	6	Sahélo-indien extensif.
	Indigofera colutea (Burm. f.) Merrill	Te.	6	Sahélo-indien.
	Indigofera cordifolia Heyne ex Roth	Tp.	6	Sud sahélien, Nord soudanien.
	Indigofera diphylla Vent.	Te.	6	Erémitique Nord-Sud tropical.
	Indigofera disjuncta Gillett	Te.	6	Sahélo-indien, Afrique orientale.
	Indigofera Hochstetteri Bak.	Ch phan.	3	Sahélo-indien, Afrique sèche australe.
	Indigofera oblongifolia Forssk.	Te.	6	Nord sahélo-indien.
	Indigofera semitrijuga Forssk.	Te.	6	Nord sahélo-indien.
	Indigofera sessiliflora DC.	Ch phan.	3	Nord sahélien.
	Indigofera suaveolens Jaub. et Spach	Tp.	6	Nord saharien.
	Lotus glinoides Del.	Ch asc.	6	Liaison Nord Sahel-Sahara tropical.
	Psoralea plicata Del.	Ch g.	4	Afrique tropicale sèche extensive.
	Rhynchosia memnonia (Del.) DC.	Ch g.	5	Pantropical en zone sèche.
	Rhynchosia minima (L.) DC.	Tg.	3	Endémique.
	Rhynchosia sp.	Ch g.	3	Soudanien.
	Rhynchosia sublobata (Schum. et Thonn.) Meikle	Tp.	6	Sud sahélien et Afrique orientale.
	Rothia hirsuta (Guill. et Perr.) Bak.	Te.	5	Sahélien oriental.
	Sesbania arabica Steud. et Hochst. ex Phill. et Hutch.	Te.	3	Paléotropical.
	Sesbania cannabina (Retz.) Pers.	Te.	5	Sahélien et soudanien.
	Sesbania leptocarpa DC.	Ch c.	2	Paléo-soudanien.
	Sesbania sesban (L.) Merrill	Ch suf.	5	Soudanien oriental.
	Stylasanthes flaviceans Bak.	Te.	4	Soudanien.
	Tephrosia bracteolata Guill. et Perr.	Te.	3	Sahélien et soudanien.
	Tephrosia leptostachya DC.	Tg.	6	Sahélien et Afrique sèche australe.
	Tephrosia lupinifolia DC.	Phr.	4	Liaison Nord sahel-Sahara tropical.
	Tephrosia nubica (Boiss.) Bak.	Phr.	6 ou 5	Sahélien extensif.
	Tephrosia obcordata (Lam. ex Poir.) Bak.	Ch p.	6	Afrique australe.
	Tephrosia plicata Oliv.	Phr.	5	Afrique intertropicale.
	Tephrosia purpurea (L.) Pers. var. *pubescens* Bak.	Phr.	5	Éthiopien.
	Tephrosia subtriflora Hochst. ex Bak.	Phr.	5	Sahélien, soudanien, Afrique orientale.
	Tephrosia uniflora Pers.			

Source : MNHN, Paris

Famille	Nom	Forme biologique	Stratification	Région ou domaine géographique
	Tephrosia vicioides A. Rich.	Ch asc.	6	Nord sahélien oriental.
	Zornia glochidiata Reichb. ex DC.	Te.	6	Afrique intertropicale.
Moraceae	*Ficus ingens* (Miq.) Miq.	méso Ph.	2	Liaison Nord Sahel-Sahara central, Afrique orientale.
	Ficus populifolia Vahl	méso Ph.	1	Soudano-zambézien.
	Ficus salicifolia Vahl	méso Ph.	2	Éthiopien.
	Ficus teloukat Batt. et Trab.	méso Ph.	2	Centro-saharien.
Urticaceae	*Forskalea tenacissima* L.	Plur.	5	Nord saharien.
Hippocrateaceae	*Hippocratea africana* (Willd.) Loes. ex Engl.	Ph l.	3	Soudano-zambézien.
Salvadoraceae	*Salvadora persica* L.	micro Ph.	2	Liaison Sahel-Sahara.
Loranthaceae	*Loranthus acaciae* Zucc.	Par.	5	Éthiopien.
	Tapinanthus globiferus (A. Rich.) Van Tiegh.	Par.	5	Sahélien et soudanien.
Rhamnaceae	*Ziziphus abyssinica* Hochst. ex A. Rich.	micro Ph.	2	Paléotropical.
	Ziziphus mauritiana Lam.	micro Ph.	2	Paléotropical.
	Ziziphus spina-christi (L.) Desf.	méso Ph.	1	Paléotropical.
Ampelidaceae	*Cissus cymosa* Schum. & Thonn.	Ch g.	6	Soudanien.
Rutaceae	*Haplophyllum tuberculatum* (Forssk.) Juss.	Ch suf.	5	Saharo-sindien.
Simarubaceae	*Balanites aegyptiaca* (L.) Del.	méso Ph.	1	Liaison soudano-Sahara.
Burseraceae	*Commiphora africana* (A. Rich.) Engl.	micro Ph.	2	Sud sahélien, Nord soudanien.
	Commiphora quadricincta Schweinf.	micro Ph.	2	Éthiopien.
Sapindaceae	*Cardiospermum halicacabum* L.	Tg.	4	Pantropical.
Anacardiaceae	*Lannea humilis* (Oliv.) Engl.	méso Ph.	3	Sud sahélien, Nord soudanien, Afrique orientale.
Ombellifères	*Centella usiatica* (L.) Urb.	Te.	6	Paléo-soudanien.
Ebenaceae	*Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. DC.	méso Ph.	2	Soudanien et Afrique orientale.
Myrsinaceae	*Maesa Schweinfurthii* Mez.	micro Ph.	2	Soudanien oriental.
Apocynaceae	*Rauvolfia caffra* Sond.	méso Ph.	1	Soudano-guinéen oriental.
Asclepiadaceae	*Calotropis procera* (Ait.) Ait. f.	micro Ph.	2	Afrique tropicale sèche extensive.
	Caralluma Dalziellii N. E. Br.	Ch suc.	5	Sud sahélien central.
	Caralluma retrospiciens (Ehrenb.) N.E. Br.	Ch suc.	5	Sahara méridional.
	Glossonema boveanum (Decne.) Decne.	Ch suf.	5	Nord Sahel, Sahara.
	Leptadenia arborea (Forssk.) Schweinf.	Ph l.	2	[illegible]
	[illegible]	Ph l.	2	[illegible], Afrique orientale.
	Leptadenia pyrotechnica (Forssk.) Decne.	micro Ph.	3	Liaison Nord Sahel-Sahara.
	Oxystelma bornouense R. Br.	Tg.	4	Soudanien.
	Pentatropis spiralis (Forssk.) Decne.	Ph l.	4 ou 3	Nord soudano-décanien, Afrique orientale.
	Pergularia tomentosa L.	nano Ph.	3	Liaison Nord Sahel-Sahara.
	Solenostemma argel (Del.) Hayne	nano Ph.	4	Sahara tropical montagnard.
Rubiaceae	*Adina microcephala* (Del.) Hiern	meso Ph.	1	Soudano-guinéen et Afrique orientale.
	Borreria compacta (Hochst.) K. Schum.	Te.	6	Nord sahélien.
	Borreria ocymoides (Burm. f.) DC.	Te.	6	Sud soudanien, soudano-guinéen.
	Mitracarpus scaber Zucc.	Ch suf.	6	Afrique intertropicale.
	Oldenlandia capensis L.	Ch suf.	6	Soudanien.
	Oldenlandia corymbosa L.	Ch suf.	5	Pantropical.
	Oldenlandia goreensis (DC.) Summerh.	Hem subr.	6	Soudanien, Afrique orientale.
	Oldenlandia strumosa (A. Rich.) Hiern	Te.	6	Sud sahélien.
	Xeromphis nilotica (Stapf) Keay	micro Ph.	2	Sud soudanien.
Composées	*Achyrocline luzuloides* Vatke	Ch phan.	4	Dorsale centrafricaine.
	Atractylis aristata Battandier.	Plur.	6	Sahara occidental.
	Bidens minuta B. de Miré et Gillet	Te.	6	Endémique Massifs Sud sahariens.
	Bidens pilosa L.	Te.	5 ou 4	Afrique intertropicale.
	Blainvillea gayana Cass.	Te.	4	Soudanien, éthiopien.
	Blumea aurita (L. f.) DC.	Te.	5	Paléotropical sec.
	Blumea perrottetiana DC.	Plur.	5	Paléotropical.
	Centaurea senegalensis DC.	Ch suf.	5	Sahélien.
	Conyza aegyptiaca (L.) Ait.	Ch asc.	6	Paléotropical.
	Cotula anthemoides L.	Tp.	6	Paléotropical.
	Dicoma tomentosa Cass.	Te.	5	Soudano-indien, Afrique orientale.
	Echinops Bovei Boiss. var. *pallens* Maire	Ch phan.	4 ou 3	Nord saharien.
	Épaltes alata (Sond.) Steetz	Te.	5	Soudanien, Afrique orientale et australe sèche.
	Erigeron Bovei (DC.) Boiss.	Te.	5	Saharien.
	Geigeria acaulis Oliv. et Hiern	Te.	6	Éthiopien, Kordofan.
	Geigeria alata (DC.) Oliv. et Hiern	Te.	5	Sahélien, Afrique orientale.
	Gnaphalium luteo-album L.	Te.	6	Cosmopolite.
	Grangea maderaspatana (L.) Poir.	Plur.	6	Sahélo-indien et soudanien.
	Lactuca intybacea Jacq.	Plur.	4	Pantropical.
	Launaea mucronata (Forssk.) Muschler	Plur.	4	Nord saharien.
	Launaea resedifolia (L.) O. Ktze.	Plur.	4	Nord saharien.
	Pegolettia senegalensis Cass.	Plur.	5	Nord sahélo-indien, Afrique australe sèche.
	Pluchea ovalis (Pers.) DC.	Ch phan.	3	Liaison Afrique intertropicale-Sahara.
	Pulicaria crispa (Forssk.) Oliv.	Plur.	5	Liaison Nord Sahel-Sahara.
	Publicaria undulata (L.) C. A. Mey.	Plur.	5	Liaison Nord sahélien-Sahara tropical.
	Pulicaria volkonskyana Maire	Te.	5	Sahara méridional.
	Sclerocarpus africanus Jacq. ex Murr.	Te.	4	Soudano-indien.

7 564022 6.
12

Source : MNHN, Paris

Famille	Nom	Forme biologique	Stratification	Région ou domaine géographique
	Sphaeranthus angustifolius DC.	Te.	5	Sahélien.
	Vernonia Aschersonii Schultz. Bip.	Ch phan.	4	Éthiopien.
	Vernonia cinerascens Sch. Bip.	nano Ph.	3	Sahélo-indien oriental.
	Vernonia cinerea (L.) Less.	Ch suf.	5	Paléotropical soudanien.
	Vernonia pauciflora (Willd.) Less.	Te.	5	Soudanien, Afrique orientale.
Lobeliaceae	*Lobelia senegalensis* A. DC.	Te.	5	Sahélien, Afrique orientale.
Borraginaceae	*Arnebia hispidissima* (Sieber ex Lehm.) DC.	Plur.	6	Sahélo-indien oriental.
	Cordia Rothii Roem. et Schult.	micro Ph.	2	Sud sahélien, soudano-indien, Afrique orientale.
	Echium humile Desf.	Tr.	6	Nord Sahara.
	Heliotropium ovalifolium Forssk.	Te.	6	Soudanien intertropical.
	Heliotropium rariflorum Stocks	nano Ph.	5	Nord sahélo-indien.
	Heliotropium subulatum (Hochst. ex. A. DC.) Vatke	Plur.	4	Paléotropical.
	Heliotropium supinum L.	Tp.	6	Paléo subtropical.
	Heliotropium pterocarpum (DC. et A. DC.) Hochst. et Steud. ex Bunge	Plur.	5	Paléo subtropical.
Solanaceae	*Datura innoxia* Mill.	Te.	4	Pantropical.
	Moltkia callosa Vahl	Plur.	5	Nord saharien.
	Solanum albicaule Kotschy ex Dunal	Ch phan.	3	Sahélo-indien.
	Solanum dubium Fresen	Te.	5	Sahélien oriental.
	Solanum incanum L.	Te.	5	Paléotropical.
	Solanum nodiflorum Jacq.	Plur.	5	Soudano-zambézien.
	Trichodesma africanum (L.) Lehm.	Plur.	4	Afrique tropicale sèche extensive.
	Withania somnifera (L.) Dunal	Te.	5	Sud méditerranéen, sahélien oriental, Afrique australe sèche.
Convolvulaceae	*Astripomoea lachnosperma* (Choisy) Meeuse	Te.	5 ou 4	Sahélien oriental, Afrique orientale.
	Convolvulus glomeratus Choisy	Ch p.	6	Sahélien oriental avec irradiations sahariennes.
	Convolvulus microphyllus Sieb. ex Spreng.	Ch p.	6	Sahélo-indien.
	Convolvulus rhyniospermus Hochst. ex Choisy	Ch p.	6	Sahélo-indien oriental.
	Evolvulus alsinoides (L.) L.	Ch suf.	5	Pantropical.
	Ipomoea Altonii Lindl.	Tg.	3	Sud sahélien, Nord soudanien, Afrique orientale.
	Ipomoea acanthocarpa (Choisy) Ascherson et Schweinf.	Tg.	3	Sud sahélien, Nord soudanien.
	Ipomoea aquatica Forssk.	Tg.	6	Paléotropical soudanien.
	Ipomoea asarifolia (Desr.) Roem. et Schult.	Tg.	6	Pantropical.
	Ipomoea coptica (L.) Roth ex Roem. et Schult.	Tp.	6	Paléotropical.
	Ipomoea cordiosperma Hochst. ex Choisy	Tg.	6	Sahélien, Afrique du Sud.
	Ipomoea eriocalyx (Desr.) Choisy	Tg.	6	Sahélien oriental.
	Merremia aegyptiaca (L.) Urban	Tp.	6	Paléotropical.
Scrofulariaceae	*Anticharis linifolia* Benth. ex Hooker.	Ch phan.	3	Nord tchadien.
	Anticharis arabica Endl.	Te.	6	Sahélien oriental.
	Anticharis glandulosa Ascher.	Te.	6	Sahara méridional.
	Anticharis linearis (Benth.) Hochst. ex Ascher.	Te.	6	Sahélo-indien.
	Aptosimum pumilum (Hochst.) Benth.	Hem subr.	6	Nord sahélien.
	Craterostigma plantagineum Hochst.	Hem subr.	6	Sahélien oriental.
	Cycnia hyalina Heyne ex Roth	Par.	6	
	Glossostigma diandra (L.) O. Ktze.	Te.	6	Sahélo-indien.
	Linaria Bentii Skan	Ch suf.	5	Kordofan.
	Rhamphicarpa fistulosa (Hochst.) Benth.	Te.	6	Soudanien, Afrique du Sud.
	Scoparia dulcis L.	Ch suf.	5	Pantropical.
Orobanchaceae	*Cistanche phelypaea* (L.) Cout.	Par.	6	Liaison Sahara-Méditerranée.
Lentibulariaceae	*Utricularia gibba* L. subsp. *exoleta* (R. Br.) P. Tayl.	Hy.	6	Paléotropical.
	Utricularia inflexa Forssk. var. *stellaris* (L. f.) P. Tayl.	Hy.	6	Paléotropical.
Bignoniaceae	*Stereospermum kunthianum* Cham.	méso Ph.	1	Soudano-guinéen.
Pedaliaceae	*Ceratotheca sesamoides* Endl.	Te.	6	Afrique intertropicale.
	Rogeria adenophylla J. Gay ex Delile	Te.	4	Sahélien.
	Sesamum alatum Thonning	Te.	5 ou 4	Sahélien, Afrique orientale et australe sèche
	Sesamum indicum L.	Te.	4	Tropical et subtropical.
Acanthaceae	*Barleria acanthoides* Vahl	Ch suf.	5	Éthiopien, Afrique orientale.
	Barleria Hochstetteri Nees	Ch suf.	5	Nord sahélo-indien.
	Blepharis linariifolia Pers.	Tp.	6	Sahélien, Afrique australe sèche.
	Blepharis persica (Burm. f.) O. Ktze.	Tp.	6	Nord sahélien.
	Dicliptera verticillata (Forssk.) C. Christensen	Tp.	6	Soudanien.
	Justicia insularis T. Anders.	Te.	5	Soudanien intertropical.
	Hypoëstes verticillaris (L.f.) Soland. ex Roem. et Schult.	Ch suf.	5	Soudanien.
	Nelsonia canescens (Lam.) Spreng.	Ch p.	6	Paléotropical soudanien.
	Peristrophe bicalyculata (Retz.) Nees	Te.	4	Sahélien, Nord soudanien, Afrique australe sèche.
	Ruellia praetermissa Schweinf. ex Lindau	Ch suf.	5	Soudanien.
Verbenaceae	*Chascanum marrubiifolium* Fenzl ex Walp.	Ch phan.	5	Nord sahélo-indien.
	Hybride Svensonia.	Ch phan.	5	Local.
	Lantana salvifolia Jacq. subsp. *nepetaefolia* B. de Miré et Gillet	micro Ph.	3	Endémique des Massifs Sud sahariens.
	Premno resinosa (Hochst.) Schau.	micro Ph.	3	Éthiopien, Kordofan.
	Svensonia laeta (Fenzl) Moldenke	Ch phan.	3	Kordofan.
	Verbena dalloniano Quezel	Tp.	6	Endémique.
	Vitex doniana Sweet	méso Ph.	2	Soudanien.
Labiées	*Lavandula coronopifolia* Poir.	Ch suf.	4	Saharien.
	Leucas martinicensis (Jacq.) Ait.	Te.	6	Pantropical.

Source : MNHN, Paris

Famille	Nom	Forme biologique	Stratification	Région ou domaine géographique
	Ocimum gratissimum L.	Ch suf.	5	Afrique intertropicale.
	Ocimum hadiense Forssk.	Ch suf.	5	Éthiopien.
	Orthosiphon pallidus Royle ex Benth.	Ch suf.	5	Darfur.
	Salvia aegyptiaca L.	Ch suf.	5	Nord saharien.
Aponogetonaceae.....	*Aponogeton subconjugatus* Schumach.	Hy.	5	Nord soudanien.
Potamogetonaceae.....	*Potamogeton hoggariensis* Dandy	Hy.	6	Hoggar.
	Potamogeton nodosus Poir.	Hy.	4	Cosmopolite.
Commelinaceae.....	*Commelina albescens* Hass.	Grt.	5	Soudanien.
	Commelina benghalensis L.	Te.	6	Soudanien.
Liliaceae.....	*Dipcadi longifolium* Bak.	Gb.	6	Sahélien, soudanien, Afrique australe sèche.
	Dipcadi occidentale Bak.	Gb.	5	Soudanien.
	Gloriosa simplex L.	Gr.	5	Soudanien, Afrique orientale.
	Urginea indica (Roxb.) Kunth	Gb.	6	Soudano-indien.
	Urginea nigritana Bak.	Gb.	5	Soudanien.
Lemnaceae.....	*Lemna paucicostata* Hegelm. ex Engelm.	Hy.	6	Thermocosmopolite.
Typhaceae.....	*Typha angustifolia* L.	Hel r.	3	Paléosubtropical.
Amaryllidaceae.....	*Pancratium trianthum* Herbert	Gb.	5	Toute l'Afrique.
Agavaceae.....	*Sansevieria abyssinica* N. E. Br.	Gr.	5	Éthiopien.
Palmae.....	*Hyphaene thebaica* (L.) Mart.	Pb palm.	1	Sud sahélien, Nord soudanien, Afrique orientale.
	Phoenix dactylifera L.	Ph palm.	1	Nord saharien.
Jonacaceae.....	*Juncus maritimus* Bak. var. *arabicus* (Asch. et Buchen.) Adans.	Hel c.	4	Panafricain.
Cyperaceae.....	*Cyperus bulbosus* Vahl subsp. *conglomeratus*	G h.	6	Paléosubtropical.
	Cyperus conglomeratus Rottb.	M Hem ces.	5	Liaison Nord Sahel-Sahara.
	Cyperus effusus Rottb.	M Hem ces.	5	Sahélien.
	Cyperus esculentus L.	G.	5	Thermocosmopolite.
	Cyperus fenzelianus Steud.	Hel r.	4	Paléosubtropical.
	Cyperus haspan L.	Hel c.	5	Pantropical.
	Cyperus iria L.	Te.	6	Sahélien et Asie tropicale.
	Cyperus laevigatus L.	Hel r.	5	Thermocosmopolite.
	Cyperus Mechaldii Kük.	N Hem ces.	6	Sahélo-indien.
	Cyperus michelianus (L.) Link.	Tr.	6	Paléosubtropical.
	Cyperus pulchellus R. Br.	Hel r.	5	Pantropical.
	Cyperus rotundus L.	Gr.	5	Thermocosmopolite.
	Eleocharis atropurpurea (Retz.) Kunth	Te.	6	Liaison tropical-méditerranéen.
	Eleocharis geniculata R. et Sch.	Hel c.	6	Thermocosmopolite.
	Fimbristylis bis-umbellata (Forssk.) Bole.	Hel c.	6	Pantropicale.
	Fimbristylis dichotoma (L.) Vahl	Hel c.	6	Paléotropical.
	Fimbristylis diphylla (Retz.) Vahl	Hel c.	6	Thermocosmopolite.
	Fimbristylis ferruginea (L.) Vahl	Hel c.	6	Pantropical.
	Fimbristylis hispidula (Vahl) Kunth	Te.	6	Pantropical.
	Fuirena pubescens (Poir.) Kunth	Hel r.	5	Méditerranée et paléosubtropical.
	Fuirena umbellata Rottb.	Hel r.	5	Thermocosmopolite.
	Kyllinga triceps (Rottb.) Endl.	N Hem ces.	6	Afrique intertropicale.
	Lipocarpha chinensis (Osbeck) Kern.	Hel c.	5	Paléotropical.
	Mariscus aristatus (Rottb.) Cherm.	Te.	6	Pantropical.
	Pycreus lanceolatus C. B. Cl.	Hel c.	5	Soudanien et néotropical.
	Pycreus Mundtii Nees	Te.	6	Liaison tropical-méditerranéen.
	Pycreus patens (Vahl) Cherm.	Te.	6	Soudanien intertropical.
	Pycreus polystachyos (Rottb.) Beauv.	Hel c.	5	Pantropical.
	Rhynchospora rugosa (Vahl) Gale	Hel c.	5	Pantropical, rare en Afrique sauf en Afrique australe.
	Schoenus nigricans L.	Hel c.	5	Subcosmopolite.
	Scirpus brachyceras Hochst. ex A. Rich.	Hel r.	4	Nord soudano-indien, Afrique australe.
	Scirpus praclongatus Poir.	Te.	6	Paléotropical.
	Scirpus supinus L.	Tr.	6	Paléotempéré et tropical.
Graminées.....	*Andropogon gayanus* Kunth	N Hem ces.	4	Paléotropical soudanien.
	Anthephora Hochstetteri Nees ex Hochst.	N Hem ces.	4	Éthiopien.
	Aristida acutiflora Trin. et Rupr.	Phr.	5	Sahara tropical.
	Aristida adscensionis L.	Te.	6	Pantropical.
	Aristida ciliata Desf.	M Hem ces.	3	Liaison Nord Sahel-Sahara.
	Aristida funiculata Trin. et Rupr.	Te.	6	Nord sahélien.
	Aristida hirtigluma Stend. ex Trin. et Rupr.	Te.	5	Nord sahélo-sindien, Afrique australe.
	Aristida hordeacea kunth	Te.	5	Nord sahélien.
	Aristida longiflora Schum.	Phr.	4	Sahélien.
	Aristida meccana Hochst.	Te.	6	Nord sabélien.
	Aristida mutabilis Trin. et Rupr.	Te.	6	Sahélien.
	Aristida pallida Steud.	M Hem ces.	4	Liaison Nord Sahel-Sahara tropical.
	Aristida papposa Trin. et Rupr.	Phr.	5	Sahélien.
	Aristida plumosa L.	Phr.	6	Sahara tropical.
	Aristida pungens Desf.	Cb gram.	5	Sahara tropical.
	Aristida rhiniochloa Hochst.	Te.	5	Éthiopien, Afrique du Sud.
	Aristida stipoides Lam.	Te.	4	Sud sahélien, Afrique orientale.
	Brachiaria deflexa (Schumach) C. E. Hubbard ex Rohyns	Te.	5	Afrique intertropicale.
	Brachiaria glauca Stapf	Te.	5	
	Brachiaria Hagerupii Hitchcock	Te.	5	Sahélien.
	Brachiaria ramosa (L.) Stapf	Te.	5	Sud sahélien.
	Cenchrus biflorus Roxb.	Te.	5	Sahélo-indien extensif.
	Cenchrus ciliaris L.	N Hem ces.	6	Liaison tropico-méditerranéenne.
	Cenchrus Prieurii (Kunth) Maire	Te.	5	Sahélo-indien.

Source : MNHN, Paris

Famille	Nom	Forme biologique	Stratification	Région ou domaine géographique
	Chaetostichium majusculum C. E. Hubbard	N Hem ces.	6	Afrique orientale.
	Chloris Pricurii Kunth	Te.	6	Sahel.
	Chloris virgata Sw.	Te.	5 ou 4	Pantropical.
	Chrysopognon Aucheri Stapf var. *quinqueplumis* (A. Rich.) Stapf	N Hem ces.	4	Nord sahélien, Afrique orientale.
	Coelachyrum oligobrachiatum A. Camus	Te.	6	Sahara méridional.
	Crypsis aculeata (L.) Ait.	Tr.	6	Paléosubtropical.
	Cymbopogon commutatus (Steud.) Stapf	N Hem ces.	4	Kordofan.
	Cymbopogon schoenanthus (L.) Spreng.	M Hémi ces.	4	Liaison Sahel-Sahara.
	Cynodon dactylon (L.) Pers.	Gr.	6	Subcosmopolite.
	Dactyloctenium aegyptium (L.) Beauv.	Te.	6	Pantropical.
	Danthonia Forsskalii (Vahl) R. Br.	Plur.	6	Liaison Nord Sahel-Sahara.
	Desmostachya bipinnata (L.) Stapf	Gr.	4	Saharo-sindien.
	Dichanthium annulatum (Forssk.) Stapf	N Hem ces.	4	Paléosubtropical.
	Digitaria adscendens (Kunth) Henrard	Te.	5	Paléotropical.
	Dinebra retroflexa (Vahl) Panz.	Te.	5	Sud sahélien, Afrique orientale et australe.
	Echinochloa colona Link	Te.	5 ou 4	Tropical et subtropical.
	Eleusine flagellifera Nees	Ch g.	4	Nord sahélien oriental.
	Eleusine verticillata Roxb.	Te.	5	Sahélo-indien.
	Elyonurus elegans Kunth	Te.	6	Sahélien.
	Elytrophorus spicatus (Willd.) A. Camus	Te.	6	Sud sahélo-indien, Nord soudanien.
	Enneapogon brachystachyus (Jaub. et Spach) Stapf	N Hem ces.	6	Érémitique Nord-Sud tropical.
	Enneapogon elegans (Nees) Stapf	M Hem ces.	5	Sahélien oriental.
	Enteropogon macrostachyus (Hochst.) Munro ex Benth.	N Hem ces.	4	Éthiopien et Afrique australe.
	Eragrostis aegyptiaca (Willd.) Link	Te.	6	Nord sahélien.
	Eragrostis albida Hitchcock	Te.	5	Sahélien.
	Eragrostis atrovirens (Desf.) Trin. ex Steud.	N Hem ces.	5	Pantropical.
	Eragrostis barrelieri Daveau	Te.	6	Liaison saharo-méditerranéen.
	Eragrostis cilianensis (All.) Link ex. Vign.-Lut.	Te.	6	Thermocosmopolite.
	Eragrostis ciliaris (L.) R. Br.	Te.	6	Pantropical.
	Eragrostis diplachnoides Steud.	Te.	5	Paléotropical.
	Eragrostis elegantissima Chiov.	Te.	6	Nord sahélien.
	Eragrostis pilosa (L.) Beauv.	Te.	6	Thermocosmopolite.
	Eragrostis porosa Nees	Te.	5	Afrique australe, Éthiopie.
	Eragrostis aff. *tenuifolia* (A. Rich.) Hochst ex Steud.	Te.	4	
	Eragrostis tremula Hochst. ex Steud.	Te.	5	Sahélo-indien, soudanien.
	Eragrostis viscosa (Retz.) Trin.	Te.	6	Afrique australe, Afrique orientale, Éthiopie, Inde.
	[illegible] (Del.) Stapf	M Hem ces.	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	Hyparrhenia dissoluta (Nees) C. E. Hubbard	M Hem ces.	4	Soudanien, Afrique australe.
	Hyparrhenia hirta (L.) Stapf	M Hem ces.	5	Liaison tropical-méditerranéen.
	Imperata cylindrica (L.) Beauv.	Gr.	5	Paléotropical, subtropical.
	Latipes senegalensis Kunth	Plur.	5	Sahélo-indien, Afrique orientale.
	Oropetium thomaeum (L. f.) Trin.	N Hem ces.	6	Sahélo-indien oriental.
	Panicum anabaptistum Steud.	Te.	4	Afrique intertropicale.
	Panicum laetum Kunth	Te.	5	Sahélien occidental.
	Panicum repens L.	Hel r.	5	Intertropical et subtropical.
	Panicum turgidum Forssk.	Ch gram.	4	Liaison Nord Sahel-Sahara.
	Paspolidium geminatum (Forssk.) Stapf	Hel r.	5	Pantropical.
	Pennisetum maiwa Stapf.	Te.	3	Centre soudanien.
	Phragmites communis Trin.	Hel r.	3	Subcosmopolite.
	Rhynchelytrum villosum (Parl.) Chiov.	Te.	5	Darfur.
	Rhytachne rottboellioides Desv.	Hel c.	5	Soudano-guinéen, Afrique australe.
	Rottboellia exaltata L. f.	Te.	4	Soudanien intertropical.
	Saccharum spontaneum L. subsp. *aegyptiacum* (Willd.) Hack.	Hel r.	3	Toute l'Afrique.
	Schizachyrium exile (Hochst.) Stapf	Te.	6	Sahélo-indien, Nord soudanien.
	Schmidtia pappophoroides Staud.	Te.	5	Sahélien, Afrique australe sèche.
	Schoenefeldia gracilis Kunth	Te.	6	Sahélo-indien.
	Setaria verticillata (L.) Beauv.	Te.	5	Subcosmopolite.
	Sorghum virgatum (Hag.) Stapf	Te.	3	Nord sahélien.
	Sporobolus festivus Hochst. ex A. Rich.	N Hem ces.	5	Afrique intertropicale.
	Sporobolus helvolus (Trin.) Dur. et Schinz.	N Hem ces.	4	Sahélo-indien.
	Sporobolus nervosus Hochst.	N Hem cas.	4	Kordofan.
	Sporobolus pellucidus Hochst.	N Hem ces.	5	Kordofan.
	Sporobolus sp.	N Hem ces.	5	
	Sporobolus spicatus (Vahl) Kunth	Gr.	5	Sahélien, Afrique orientale.
	Tetrapogon cenchriformis A. Rich.	Te.	6	Nord Sahel, Afrique orientale.
	Tragus berteronianus Schult.	Te.	5	Pantropical.
	Tragus racemosus (L.) All.	Te.	6	Thermocosmopolite.
	Trichalaena leucantha (A. Rich.) Hochst. ex Aschers. et Schweinf.	N Hem ces.	5	Darfur.
	Trichoneura arenaria (Steud.) Ekman	Te.	6	Nord sahélien oriental.
	Tripogon minimus (A. Rich.) Hochst. ex Steud.	N Hem ces.	6	Sahélien.
	Tripogon multiflorus B. de Miré et Gillet	N Hem ces.	5	Endémique des Massifs Sud sahariens.
	Triraphis pumilio R. Br.	Te.	6	Nord sahélien, Afrique tropicale sèche.
	Urochloa lata Hubbard	Te.	5 ou 4	Sud sahélien, Nord soudanien.
Ptéridophytes	*Actiniopteris australis* (L. f.) Link	Hem subr.	6	Nord soudanien, Afrique orientale, Afrique du Sud.
	Adiantum capillus-veneris L.	He.	6	Pantropical et subtropical.
	Equisetum ramosissimum Desf.	Gr.	6	Subcosmopolite.
	Marsilea nubica R. Br.	Te.	6	Sahélien, Afrique australe.
	Marsilea trichopoda Lepr.	Te.	6	Sahélien

12 A.

Source : MNHN, Paris

INDEX ALPHABÉTIQUE DES ESPÈCES

Certaines espèces, bien que présentes dans l'Ennedi, ne sont pas citées dans le texte. Ce sont en général des banalités tropicales à grande aire de répartition. Nous avons cru bon de les faire figurer quand même dans cet index, ne serait-ce que pour faciliter la recherche du nom d'auteur.

Les noms indiqués ici sont ceux qui figurent dans la « Flore of West Tropical Africa », deuxième édition, révisée par R.W.J. Keay et F.N. Hepper. Toutefois dans certains cas des noms consacrés par un long usage, mais non retenus dans la nouvelle édition de la flore, ont été utilisés. Dans ce cas la synonymie est mentionnée et le nom ancien figure entre parenthèses (la pagination est alors inscrite en face des deux noms, sauf si ceux-ci sont voisins dans l'ordre alphabétique).

	Pages
Abutilon bidentatum Hochst	153.
Abutilon fruticosum Guill. & Perr.	64, 96, 144.
Abutilon pannosum (Forst. f.) Schlechtend.) (= *A. glaucum* G. Don)	64, 144.
Acacia flava (Forssk.) Schweinf.	66, 144.
Acacia laeta R. Br. ex Benth.	53, 66, 82, 83, 120, 140.
Acacia mellifera (Vahl) Benth	53, 66, 76, 82, 83, 92, 130, 141.
Acacia nilotica (L.) Willd. ex Del. (= *Acacia scorpioides* (L.) W. F. Wight var. *nilotica* (L.) A. Chev.	66, 84, 144.
Acacia nubica Benth.	66.
Acacia raddiana Savi	66, 76, 77, 78, 84, 101, 115, 120, 128, 130, 144.
Acacia senegal (L.) Willd.	84, 135.
Acacia seyal Del.	67, 84, 100, 137.
Achyranthes argentea Lam.	46, 77, 147.
Achyrocline luzuloides Vatke	64, 88, 104, 130, 142, 153.
Actiniopteris australis (L. f.) Link.	139.
Adiantum capillus-veneris L.	147.
Adina microcephala (Del.) Hiern.	52, 67, 82, 129, 138, 159, 160 bis.
Aerva javanica (Burm. f.) Juss. ex Schult.	46, 78, 115, 118, 144, 146.
(= *Aerva persica* (Burm. f.) Merrill.)	123, 127, 128.
Aeschynomene indica L.	80, 101, 145.
Albizia sericocephala Benth.	67, 83, 130, 140.
Alternanthera nodiflora R. Br.	54.
Alternanthera sessilis (L.) R. Br. ex Roth	63.
Alysicarpus vaginalis (L.) DC.	14, 150.
Amaranthus graecizans L.	121.
Amaranthus viridis L.	
Ammannia aegyptiaca Willd.	
Ammannia senegalensis Lam.	125, 126.
Andropogon gayanus Kunth	61, 145, 160.
Andropogon schirensis Hochst. ex. A. Rich.	153.

Source : MNHN, Paris

Pages

Anogeissus leiocarpus (DC.) Guill. & Perr. ..... 66, 67, 74, 78, 84, 138, 160.
Anthephora Hochstetteri Nees ex Hoscht. ..... 60, 61, 121, 141.
Anticharis arabica Endl. ..... 140.
Anticharis glandulosa Aschers. ..... 81, 115, 127, 133.
Anticharis linearis (Benth.) Hochst. ex Aschers. ..... 73, 115, 123, 126, 127, 128, 136.
Aponogeton subconjugatus Schumach. ..... 57, 58, 75, 137, 160.
Aptosimum pulimum (Hochst.) Benth. ..... 59, 92, 94, 135.
Argyrolobium abyssinicum Jaub. & Spach. ..... 64, 130, 133.
Aristida acutiflora Trin. & Rupr. ..... 64, 73, 133.
Aristida adscensionis L. ..... 73, 80, 100, 121, 145.
Aristida ciliata Desf. 61, 72, 97, 107. 115, 130, 144,
Aristida funiculata Trin. & Rupr. ..... 110, 115, 117, 135.
Aristida hirtigluma Steud. ex Trin. & Rupr. ..... 81, 107, 115, 116, 136.
Aristida hordeacea Kunth. ..... 136.
Aristida longiflora Schum. ..... 65, 115, 117, 130, 136.
Aristida meccana Hoscht.
Aristida mutabilis Trin. & Rupr. ..... 73, 80, 87, 97, 123, 127, 128, 136.
Aristida pallida Steud. ..... 61, 80, 115, 144.
Aristida papposa Trin. & Rupr. ..... 22, 81, 87, 107, 127, 136.
Aristida plumosa L. ..... 107, 133.
Aristida pungens Desf. ..... 62, 134.
Aristida rhiniochloa Hochst. ..... 88, 100, 117, 141.
Aristida stipoides Lam. ..... 13, 45, 73, 74, 79, 80, 135.
Aristolochia bracteolata Lam. ..... 63, 140.
(= *Aristolochia brachteata* Retz) ..... 91.
Arnebia hispidissima (Sieber ex Lehm.) DC. ..... 65, 140.
Astragalus Vogelii (Webb) Bornm. ..... 54, 132.
Astripomoea lachnosperma (Choisy) Meeuse ..... 46, 54, 89, 104, 130, 140.
(= *Astrochlaena lachnosperma* (Choisy) Hallier) .....
Atractylis aristata Battandier ..... 64, 92, 133.
Azanza garckeana (F. Hoffm.) Exell & Hillcoat ..... 142, 150, 153, 162.
(= *Thespesia garckeana* F. Hoffm) ..... 66.
Balanites aegyptiaca (L.) Del. ..... 66, 67, 75, 128, 144.
Barleria acanthoides Vahl. ..... 78, 90, 93, 95, 162.
Barleria Hochstetteri Nees ..... 88, 135, 136.
Bauhinia rufescens Lam. ..... 66, 138, 160.
Bergia ammannioides Heyne ex Roth
Bergia mairei Quezel
Bergia suffruticosa (Del.) Fenzl. ..... 63, 91.
Bidens minuta B. de Miré & Gillet ..... 94, 118, 121, 147, 155.
Bidens pilosa L. 81, 110, 114. 130, 145,

Source : MNHN, Paris

	Pages
Blainvillea gayana Cass	89, 110, 130, 137.
Blepharis linariifolia Pers	54, 136.
Blepharis persica (Burm. f.) O. Ktze. (= *Blepharis edulis* (Forssk.) Pers.)	54, 80, 97, 104, 135.
Blumea aurita (L. f.) DC	147.
Blumea gariepina DC	148.
Blumea perrottetiana DC	91, 145.
Boerhaavia coccinea Mill.	
Boerhaavia elegans Choisy	141.
Boerhaavia repens L	54, 94, 144, 146.
Boerhaavia sp. nov.	
Boerhaavia viscosa Lag. & Rodr	94, 144.
Borreria compacta (Hochst.)/K. Schum.	54, 70, 71, 73, 80, 94, 102, 127, 135.
Borreria ocymoides (Burm. f.) DC.	
Boscia angustifolia A. Rich	66, 72, 84, 135.
Boscia salicifolia Oliv	66.
Boscia senegaleasis (Pers.) Lam. ex Poir	66, 84, 120, 128, 130, 136.
Bouchea pterygocarpa Schau	107.
voir *Svensonia laeta* (Fenzl) Moldenke	
Brachiaria deflexa (Schumach) C. E. Hubbard ex Robyns	54, 145.
Brachiaria glauca Stapf	
Brarhiaria Hagerupii Hitchcock	45, 54, 68, 79, 80, 97, 98, 121, 136.
Brachiaria ramosa (L.) Stapf	54, 74, 129, 130, 135.
Cadaba farinosa Forssk	66, 128, 139.
Cadaba glandulosa Forssk	61, 65, 78, 128, 135.
Calotropis procera (Ait.) Ait. f	46, 66, 99, 104, 144.
Capparis decidua (Forssk.) Edgew. (= *Capparis aphylla* Heyne ex Roth)	66, 120, 128.
Capparis galeata Fresen	65, 78, 140.
Caralluma Dalzielli N. E. Br	63, 137.
Caralluma retrospiciens (Ehrenb.) N. E. Br	63, 133.
Cardiospernum halicacabum L	55, 71, 75, 145.
Carissa edulis Vahl	153.
Cassia absus L	13, 102, 103, 121.
Cassia italica (Mill.) Lam. ex F. W. Andr. (= *Cassia aschrek* Forssk. = *C. obovata* Collad.)	64, 102, 144.
Cassia nigricans Vahl	104, 121, 136.
Cassia occidentalis L.	
Cassia senna L. (= *Cassia acutiflora* Del.)	64.
Cassia tora L	46, 70, 74, 80, 89, 102, 103, 130, 145.
Celosia populifolia Moq	65, 121, 141.
Celosia trigyna L	72, 139.
Cenchrus biflorus Roxb	41, 42, 45, 54, 68, 73, 74, 77, 79, 80, 86, 98, 110, 113, 121, 123, 137.
Cenchrus ciliaris L	61, 107, 113.
Cenchrus Prieurii (Kunth) Maire	73, 74, 107, 136,

Source : MNHN, Paris

	Pages
Centaurea senegalensis DC.	62, 136.
Centaurium pulchellum Hayek subsp. *laxiflorum* (Lindb.) Maire	131.
Centella asiatica (L.) Urb.	75.
Ceratotheca sesamoides Endl.	59, 142, 148.
Chaetostichium majusculum C. E. Hubbard	64, 76, 78, 87, 135.
Chascanum marrubiifolium Fenzl ex Walp. (= *Bouchea marrubiifolia* (Fenzl ex Walp.) Schau.)	147.
Chenopodium murale L.	79, 87, 109, 121, 123, 124, 130, 145.
Chloris virgata Sw. (= *Chloris barbata* Sw.)	63, 136.
Chrozophora plicata (Vahl) A.	66, 139, 144.
Chrozophora senegalensis (Lam.) A. Juss. ex Spreng.	76, 97, 107, 115, 123, 124, 130.
Chrysopogon Aucheri Stapf var. *quinqueplumis* (A. Rich.) Stapf Juss. ex Spreng.	136.
Cienfuegosia digitata Cav.	63, 138.
Cissampelos mucronata A. Rich.	14, 75, 137, 160.
Cissus cymosa Schum. & Thonn.	68, 75, 92, 99.
Cistanche phelypaea (L.) Cout	75, 137, 150, 160.
Clematis hirsuta Guill. & Perr.	144.
Cleome arabica L.	51, 62, 144.
Cleome brachycarpa Vahl ex DC.	94, 136.
Cleome monophylla L.	153.
Cleome paradoxa R. Br. ex DC.	81, 136.
Cleome scaposa DC.	53, 64, 104, 136.
Cleome tenella L.	54, 136.
Cleome viscosa L.	46, 78, 104.
Coccinia grandis (L.) J. O. Voigt	67, 144.
Cocculus pendulus (J. R. et G. Forst.) Diels	97, 104, 133.
Coelachyrum oligobrachiatum A. Camus (= *Coelachyrum brevifolium* Nees)	55, 144.
Colocynthis vulgaris Schrad.	52, 66, 83, 107, 136.
Combretum aculeatum Vent.	66, 82, 107, 108, 140.
Combretum gallabatense Schweinf.	66, 82, 142, 161.
Combretum reticulatum Fresen.	56.
Commelina albescens Hass.	150.
Commelina benghalensis L.	147, 148, 149.
Commicarpus montanus B. de Miré, Gillet et Quezel.	63, 119, 144.
Commicarpus verticillatus (Poir.) Standl.	66, 78, 138.
Commiphora africana (A. Rich.) Engl.	66, 141.
Commiphora quadricincta Schweinf.	63, 140.
Convolvulus glomeratus Choisy	63, 136.
Convolvulus microphyllus Sieb. ex Spreng	140.
Convolvulus rhyniospermus Hochst. ex Choisy	63, 141, 142.
Conyza aegyptiaca (L.) Ait.	63, 128, 134.
Corallocarpus corallinus (Naud.) Cogn.	63, 96, 144.
Corbichonia decumbens (Forssk.) Exell	43, 145.
Corchorus depressus (L.) C. Christensen (= *Corchorus antichorus* Raeuschel	102, 145, 146.
Corchorus olitorius L.	15, 52, 66, 68, 72, 78, 83, 120, 130, 139.
Corchorus tridens L.	92, 132, 134.
Cordia Rothii Roem. & Schult.	51, 54, 91.
Comulaca monacantha Del.	54.
Cornopus niloticus (Del.) Spreng.	59.
Cotula anthemoides L.	1, 66.
Craterostigma plantagineum Hochst.	
Crateva religiosa Forst. f.	

Source : MNHN, Paris

Pages

Crotalaria laburnifolia L. ..... 121.
Crotalaria microphylla Vahl ..... 54, 135.
Crotalaria mucronata Desv. ..... 150.
Crotalaria podocarpa DC. ..... 80, 81, 89, 130, 139.
Crotalaria senegalensis (Pers.) Bacle ex DC. ..... 71, 89, 139.
Crotalaria thebaica (Del.) DC. ..... 140.
Croton lobatus L. ..... 138.
Crypsis aculeata (L.) Ait.
Ctenolepis cerasiformis (Stocks) Naud. ..... 55, 139.
Cucumis ficifolius A. Rich. ..... 63, 136.
Cucumis melo L. var. *agrestis* Naud. ..... 55, 136.
Cucumis prophetarum L. ..... 136.
Cucumis pustulatus Hook. f.
Cuscuta hyalina Heyne ex Roth. ..... 68, 161.
Cyamopsis senegalensis Guill. & Perr. ..... 94, 103, 121, 122, 136.
Cymbopogon commutatus (Steud.) Stapf. ..... 141.
Cymbopogon schoenanthus (L.) Spreng. ..... 61, 72, 76, 78, 107, 127, 144.
Cynodon dactylon (L.) Pers. ..... 56, 147.
Cyperus aristatus Rottb. ..... 54, 73, 127.
(= *Mariscus aristatus* (Rottb.) Cherm.)
Cyperus bulbosus Vahl ..... 56, 85.
Cyperus conglomeratus Rottb. 61, 80, 130, 144
Cyperus effusus Rottb. ..... 136.
Cyperus esculentus L.
Cyperus fenzelianus Steud. ..... 57.
Cyperus haspan L. ..... 57, 91, 145.
Cyperus iria L. ..... 73, 121.
Cyperus laevigatus L. ..... 57, 126.
Cyperus Meeboldii Kük. ..... 59, 127, 136.
Cyperus michelianus (L.) Link ..... 91.
Cyperus pulchellus R. Br. ..... 57.
(= *Cyperus leucocephalus* Retz.)
Cyperus rotundus L. ..... 57, 147.
Dactyloctenium aegyptium (L.) Beauv. ..... 42, 45, 73, 87, 121, 127, 129, 145, 146.
Dalechampia scandens L. ..... 136.
Danthonia Forskalii (Vahl) R. Br. ..... 64, 65, 73, 144.
Datura innoxia Mill.
Desmostachya bipinnata (L.) Stapf ..... 56.
Dichanthium annulatum (Forssk.) Stapf. ..... 61, 97, 98, 155.
Dichrocephala tibestica Quezel ..... 155.
Dichrostachys glomerata (Forssk.) Chiov. ..... 66, 83, 130, 138, 160.
Diclíptera verticillata (Forssk.) C. Christensen ..... 54, 100, 138.
Dicoma tomentosa Cass. ..... 139.
Digitaria adscendens (Kunth) Henrard ..... 145.
Dinebra retroflexa (Vahl) Panz. ..... 136.
Diospyros mespiliformis Hochst. ex A. DC. ..... 67, 75, 83, 138, 159.
Dipcadi longifolium Bak. ..... 55, 85, 139.
Dipcadi occidentale Bak. ..... 56, 138.
Echinops Bovei Boiss. var. *pallens* Maire ..... 63, 132.
Echinochloa colona Link ..... 109, 129, 147.
Echium humile Desf. ..... 132.
Eleocharis atropurpurea (Retz.) Kunth
Eleocharis geniculata R. et Sch. ..... 57, 91.
(= *Eleocharis caribnea* (Rottb.) Blake)
Eleusine flagellifera Nees ..... 62, 140.

Source : MNHN, Paris

	Pages
Eleusine verticillata Roxb	136.
Elyonurus elegans Kunth	88, 136.
Elytrophorus spicatus (Willd.) A. Camus	81, 91, 138.
Enneapogon brachystachyus (Jaub. & Spach) Stapf	59, 134, 135.
Enneapogon cenchroides (Licht.) C. E. Hubbard	
Enneapogon elegans (Nees) Stapf	
Enneapogon glumosus (Hochst.) Maire & Weiller	134, 141.
Enteropogon macrostachyus (Hochst.) Munro ex Benth	61, 121, 141.
Epaltes alata (Sond.) Steetz	81, 91, 138.
Equisetum ramosissimum Desf	147.
Eragrostis albida Hitchcock	
Eragrostis atrovirens (Desf.) Trin. ex Steud	61, 145.
Eragrostis barrelieri Daveau	104.
Eragrostis cilianensis (All.) Link ex Vign. Lut	46, 68, 104, 146, 147.
Eragrostis ciliaris (L.) R. Br	55, 72, 127, 145.
Eragrostis diplachnoides Steud	121.
Eragrostis elegantissima Chiov	88, 136.
Eragrostis pilosa (L.) Beauv	46, 72, 97, 121, 127, 146.
Eragrostis porosa Nees	87, 104, 142.
Eragrostis aff. *tenuifolia* (A. Rich.) Hochst. ex Steud.	
Eragrostis tremula Hochst. ex Steud	71, 73, 104.
Eragrostis viscoca (Retz.) Trin	142.
Eremopogon foveolatus (Del.) Stapf	61, 133.
Erigeron Bovei (DC.) Boiss.	
Euphorbia acalyphoides Hochst. ex Boiss	141.
Euphorbia aegyptiaca Boiss	121.
Euphorbia granulata Forssk	73, 121, 123, 144, 146.
Euphorbia hirta L	145.
Euphorbia scordifolia Jacq	121, 136.
Evolvulus alsinoides (L.) L	62, 94.
Fagonia arabica L	65, 133.
Fagonia Bruguieri DC	65, 133.
Fagonia Flamandi Battandier	65, 133.
Fagonia latifolia Del	133.
Fagonia Olivieri Boiss	133.
Faidherbia albida (Del.) A. Chev	67, 68, 71, 74, 84, 99, 120, 144, 160.
Farsetia aegyptiaca Turra	92, 144.
Farsetia ramosissima Hoscht. ex Fourn	64, 81, 92, 107. 144.
Farsetia stenoptera Hochst	107, 130, 136.
Ficus gnaphalocarpa (Miq.) Steud. ex A. Rich.	153.
Ficus ingens (Miq.) Miq	67, 129.
Ficus populifolia Vahl	67, 138.
Ficus salicifolia Vahl	141.
Ficus teloukat Batt. et Trab	67, 68, 121, 129. 130.
Fimbristylis bis-umbellata (Forssk.) Bub	57.
Fimbristylis dichotoma (L.) Vahl	
Fimbristylis diphylla Vahl	57.
Fimbristylis ferruginea (L.) Vahl	57, 145.
Fimbristylis hispidula (Vahl) Kunth	54, 71, 73.
(= *Fimbristylis exilis* (Kunth) Roem. & Schult.)	
Forsskalea tenacissima L	75, 132.
Fuirena pubescens (Poir.) Kunth	144.
Fuirena umbellata Rottb	57, 91, 129, 147.
Geigeria acaulis Oliv. & Hiern	100, 142, 143
Geigeria alata (DC.) Oliv. & Hiern	88, 103, 142.

Source : MNHN, Paris

	Pages
Giesekia pharnacioides L.	53, 54, 73, 85, 94, 104, 121, 123, 145, 146.
Gilnus lotoides L.	147.
Gloriosa simplex L.	56, 138, 160.
Glossonema boveanum (Decne.) Decne.	62, 144.
Glossostigma diandra (L.) O. Ktze.	7, 136.
Gnaphalium luteo-album L.	
Gossypium anomalum Wawra.	66, 115, 136.
Gossypium somalense (Gürke) J. B. Hutch.	46, 66, 72, 76, 78, 115, 141.
Grangea maderaspatana (L.) Poir.	91, 139.
Grewia bicolor Juss.	66, 72, 83, 121, 130, 137, 160.
Grewia flavescens Juss.	52, 66, 83, 121, 130, 138, 160.
Grewia tenax (Forssk.) Fiori.	66, 83, 129, 130, 136.
Grewia villosa Willd.	66, 72, 129, 130, 136.
Guiera senegalensis J. F. Gmel.	66, 138, 160.
Gynandropsis gynandra (L.) Briq.	46, 68, 70, 81, 86, 93, 102, 145.
Haplophyllum tuberculatum (Forssk.) Juss.	51, 75.
Helichrysum monodianum Quezel.	155.
Heliotropium ovalifolium Forssk.	139.
Heliotropium pterocarpum (DC. & A. DC.) Hoscht. & Steud. ex Bunge (= *Heliotropium undulatum* Vahl)	65, 128.
Heliotropium rariflorum Stocks.	65, 128, 135, 136.
Heliotropium subulotum (Hochst. ex A. DC.) Vatke (= *Heliotropium zeylanicum* (Burm. f.) Lam.)	65.
Heliotropium supinum L.	54, 81.
Hermannia modesta (Ehrenb.) Mart.	141.
Hermannia tigreensis Hochst. ex A. Rich.	137.
Heteropogon contortus (L.) Beauv. ex Roem. & Schult.	61, 160.
Hibiscus asper Hook.	145.
Hibiscus micranthus L.	64, 72, 115, 118, 130, 144.
Hibiscus rhabdotospermus Garcke.	94, 96, 141.
Hibiscus sabdariffa L.	
Hibiscus sidiformis Baill.	139.
Hippocratea africana (Willd.) Loes. ex. Engl. (= *Hippocratea richardiana* Cambess.)	67, 75, 138, 159.
Hydrocotyle asiatica L.	
voir *Centella asiatica* (L.) Urb.	75.
Hyparrhenia dissoluta (Nes) C.E. Hubbard	61, 139, 160.
Hyparrhenia hirta (L.) Stapf.	61.
Hyphaene thebaica (L.) Mart.	1, 67, 68, 129, 139.
Hypoëstes verticillaris (L. f.) Soland. ex Roem. & Schult.	62, 121, 138, 153.
Imperata cylindrica (L.) Beauv. var. *africana* (Anderss.) C.E. Hubbard	56.
Indigofera argentea Burm. f.	144.
Indigofera aspera Perr. ex DC.	54, 81, 136.
Indigofera astragalina DC.	13, 73, 74, 81, 99.
Indigofera colutea (Burm. f.) Merrill (= *Indigofera viscosa* Lam.)	136.
Indigofera cordifolia Heyne ex Roth	88, 136.
Indigofera diphylla Vent.	54.
Indigofera disjuncta Gillett.	81, 88, 135.

Source : MNHN, Paris

Pages

Indigofera Hoschtetteri Bak. ..... 54, 94, 136.
Indigofera oblongifolia Forssk. ..... 137.
Indigofera semitrijuga Forssk. ..... 54, 103, 135.
Indigofera sessiliflora DC. ..... 51, 54, 73, 81, 94, 103, 135.
Indigofera stenophylla Guill. & Perr. ..... 153.
Indigofera suaveolens Jaub. & Spach. ..... 51 64, 76, 78, 130, 135.
Indigofera viscosa Lam.
voir *Indigofera colutea* (Burm. f.) Merrill ..... 81, 103, 127.
Ipomoea acanthocarpa (Choisy) Ascherson & Schweinf. ..... 138.
Ipomoea Aitonii Lindl. ..... 46, 55, 90, 93, 102, 104, 139.
(= *Ipomoea pilosa* (Roxb.) Sweet)
Ipomoea aquatica Forssk.
Ipomoea asarifolia (Desr.) Roem. & Schult. ..... 93.
(= *Ipomoea repens* Lam.)
Ipomoea coptica (L.) (Roth ex Roem. & Schult. ..... 103, 145.
(= *Ipomoea dissecta* Willd.)
Ipomoea coscinosperma Hochst. ex Choisy. ..... 55, 90, 103, 104, 136.
Ipomoea repens Lam.
voir *Ipomoea asarifolia* (Desr.) Roem. & Schult. ..... 93.
Ipomoea sinensis (Desr.) Choisy. ..... 55, 80, 93, 104, 118, 145, 146.
(= *Ipomoea blepharosepala* Hochst. ex A. Rich.) .....
Jacquemontia capitata (Desr.) G. Don. 153
Juncus maritimus Bak. var. *arabicus* (Asch. & Buchen.) Adans. ..... 57, 75, 144.
Justicia insularis T. Anders. ..... 52, 139.
Kedrostis gigef (J. F. Gmel.) C. Jeffrey. ..... 63, 141, 142, 161.
Kyllinga triceps (Rottb.) Endl. ..... 59, 78, 127.
Lactuca intybacea Jacq. ..... 104, 105, 145.
Lagenaria siceraria (Molina) Standl. ..... 55.
Lannea humilis (Oliv.) Engl. ..... 10, 66, 75, 139, 160.
Lantana salvifolia Jacq. subsp. *nepetaefolia* B. de Miré et Gillet. ..... 66, 83.
Latipes senegalensis Kunth. ..... 65, 80, 112, 123, 130.
Launaea mucronata (Forssk.) Muschler. ..... 132.
Launaea resedifolia (L.) O. Ktze. ..... 132.
Lavandula coronopifolia Poir. ..... 88, 153.
Lemna paucicostata Hegelm. ex Engelm. ..... 58, 126.
Leptadenia arborea (Forssk.) Schweinf. ..... 67, 71, 106, 107, 136, 140.
(= *Leptadenia heterophylla* (Del.) Decne.)
Leptadenia hastata (Pers.) Decne. ..... 67, 138.
(= *Leptadenia lancifolia* (Schum. & Thonn.) Decne.
Leptadenia heterophylla (Del.) Decne.
voir *Leptadenia arborea* (Forssk.) Schweinf.
Leptadenia pyrotechnica (Forssk.) Decne. ..... 66, 78, 106, 107, 144.
Leucas martinicensis (Jacq.) Ait. ..... 145, 146.
Limeum diffusum (Gay) Schlinz. ..... 136.
Limeum indicum Stocks ex T. Anders. ..... 133, 144.
Limeum pterocarpum (Gay) Heimerl. 85, 107, 108
Limeum viscosum (Gya) Fenzl. ..... 85, 92, 94, 115, 144.
Linaria Bentii Skan. ..... 62, 97, 141.
Lipocarpha chinensis (Osborn) Kern. ..... 57.
(= *Lipocarpha senegalensis* (Lam.) Th. et H. Dur.
Lobelia senegalensis A. DC. ..... 75, 100.

Source : MNHN, Paris

Pages

Loranthus acaciae Zucc.
voir *Tapinanthus acaciae*
Lotus glinoides Del. ..... 132, 134.
Ludwigia erecta (L.) Hara. ..... 125, 145.
Ludwigia octovalvis (Jacq.) Rav. subsp. *brevisepala* (Brenan) Rav. ..... 126.
Maerua crassifolia Forssk. ..... 48, 66, 128, 144.
Maerua oblongifolia (Forssk.) A. Rich. ..... 63, 140.
Maesa Schweinfurthii Mez. ..... 15, 66, 75, 150, 161.
Mariscus aristatus (Rottb) Cherm. ..... 121.
Marsilea nabica R. Br. ..... 136.
Marsilea trichopoda Lepr.
Melhania Denhamii R. Br. ..... 51, 64 96, 107, 135.
Melhania grandibracteata K. Schuns. ..... 64, 96, 107, 141.
Melhania ovata (Cav.) Spreng. ..... 64, 136.
Melothira maderaspatana (L.) Cogn. ..... 153.
Merremia aegyptiaca (L.) Urban (= *Merremia pentaphylla* (L.) Hallier f. ..... 55, 90, 93, 104, 145.
Mitracarpus scaber Zucc. ..... 62.
Mollugo cerviana (L.) Seringe. ..... 53, 54, 80, 85, 127, 147.
Mollugo nudicaulis Lam. ..... 55, 127, 145, 146.
Moltkia callosa Vahl. ..... 65, 132, 134.
Momordica balsamina L. ..... 55, 104.
Monechma ciliatum (Jacq.) Milne-Redhead. ..... 153.
Monsonia nivea (Decne.) Decne. ex Webb. ..... 133.
Monsonia senegalensis Guill. & Perr. ..... 46, 71, 81, 85, 94, 122, 123, 136.
Morettia canescens Boiss. ..... 64, 73, 81, 90 123, 132.
Morettia philaeana (Del.) DC. ..... 64, 133.
Nelsonia canescens (Lam.) Spreng. ..... 63.
Neseae crassicaulis (Guill. & Perr.) Koehne ..... 126, 150.
Neurada procumbens L. ..... 54, 75, 110, 111.
Nothosaerva brachiata (L.) Wight. ..... 138.
Nymphaea rufescens Guill. & Perr. ..... 57, 58, 75, 137, 160.
Ochradenus baccatus Del. ..... 64, 75, 78, 141.
Ocimum gratissimum L.
Ocimum hadiense Forssk. ..... 141.
Oldenlandia capensis L. ..... 125.
Oldenlandia corymbosa L. ..... 125, 145.
Oldenlandia goreensis (DC.) Summerh. ..... 138.
Oldenlandia strumosa (A. Rich.) Hiern ..... 92.
Oropetium thomaeum (L. f.) Trin ..... 59, 130.
Orthosiphon pallidus Royle ex Benth. ..... 121.
Oxygonum atriplicifolium (Meisn.) Martelli. ..... 110, 111, 140.
Oxystelma bornouense R. Br. ..... 71, 138.
Pancratium triaathum Herbert ..... 3, 51, 56, 75, 77, 81, 85, 92, 144.
Panicum anabaptistum Steud.
Panicum laetum Kunth. ..... 109, 129, 137.
Panicum repens L. ..... 57, 147.
Panicum turgidum Forssk. ..... 62, 72, 78, 97, 98, 107, 109, 128, 129, 130, 144.
Paspalidium geminatum (Forssk.) Stapf. ..... 145.

Source : MNHN, Paris

	Pages
Pavonia arabica Steud. & Hochst. ex Boiss.	94, 96.
Pavonia Kotschyi Hochst. ex Webb	62, 140.
Pavonia triloba Guill. & Perr.	62, 78, 140.
Pegolettia senegalensis Cass.	64, 97, 137.
Pennisetum maiwa Stapf	137.
Pentatropis spiralis (Forssk.) Decne.	67, 71, 107.
Pergularia tomentosa L.	65, 144.
Peristrophe bicalyculata (Retz.) Nees	46, 90, 139.
Phœnix dactylifera L.	68, 120, 129, 132.
Phragmites communis Trin. var. *isiacus* (Del.) Coss. et Dur.	57, 147.
Phyllanthus maderaspatensis L.	62, 78, 145.
Phyllanthus Niruri L.	136, 145.
Phyllanthus rotundifolius Klein ex Willd.	46, 121, 136.
Piliostigma reticulatum (DC.) Hochst.	66, 84, 138, 160.
Pluchea ovalis (Pers.) DC.	91, 144.
Polycarpaea corymbosa (L.) Lam.	127, 146, 147.
Polycarpon prostratum (Forssk.) Asch. et Schweinf.	54.
Polygala erioptera DC.	94, 136.
Polygala irregularis Boiss.	137.
Polygala Murati J. Felix	62, 149.
Polygala obtusata Auct. (= *Polygala irregularis* Boiss.)	94, 137.
Polygonum plebeium R. Br.	54, 81, 91.
Polygonum salicifolium Brouss. ex Willd.	
Portulaca oleracea L.	94, 147.
Potamogeton hoggariensis Dandy	58.
Potamogeton nodosus Poir. var. *Billotii* (F. Schultz) Billot ex. Richt.	58, 147.
Premna resinosa (Hochst.) Schau.	66, 141, 142, 150, 161.
Psoralea plicata Del.	144.
Pulicaria crispa (Forssk.) Oliv.	65, 91, 144.
Pulicaria undulata (L.) C.A. Mey.	127, 144.
Pulicaria volkonskyana Maire	133.
Pupalia lappacea (L.) Juss.	110, 112, 146.
Pycreus lanceolatus C.B. Cl.	57, 138.
Pycreus Mundtii Nees	91.
Pycreus patens (Vahl) Cherm.	139.
Pycreus polystachyos (Rottb.) Beauv.	57, 145.
Randia nilotica Stapf. voir *Xeromphis nilotica* (Stapf) Keay	83, 159.
Rauvolfia caffra Sond.	67, 75, 82, 141, 159.
Requienia obcordata (Lam. ex Poir.) DC. voir *Tephrosia obcordata* (Lam. ex Poir.) Bak.	65, 73, 92.
Rhamphicarpa fistulosa (Hochst.) Benth.	139.
Rhynchelytrum villosum (Parl.) Chiov.	109, 141.
Rhynchosia atrica B. de Miré & Gillet	148, 155.
Rhynchosia Lynesii Bak. & Mart.	148.
Rhynchosia memnonia (Del.) DC.	96, 136, 144.
Rhynchosia minima (L.) DC.	
Rhynchosia sublobata (Schum. & Thonn.) Meikle	96, 138.
Rhynchosia tibestica B. de Miré, Gillet & Quezel	148, 155.
Rhynchosia totta DC.	148.
Rhynchospora rugosa (Vahl) Gale (= *Rhynchospora glauca* Vahl)	57, 150.
Rhytachne rottboellioides Desv.	57, 139, 150.
Ricinus communis L.	
Robbairea confusa Maire	
Rogeria adenophylla J. Gay ex Delile	15, 74, 104, 136.
Rothia hirsuta (Guill. & Perr.) Bak.	54, 92, 99, 135.
Rottboellia exaltata L. f.	139.

Source : MNHN, Paris

	Pages
Ruellia praetermissa Schweinf. ex Lindau	98, 101, 108, 130, 138.
(= *Ruellia patula* Jacq.)	
Rumex vesicarius L.	81.
Saccharum spontaneum L. subsp. *ægyptiacum* (Willd.) Hack.	57, 129, 144.
Salsola baryosma (Schult.) Dandy	64, 92, 132.
Salvadora persica L.	66, 68, 75, 99, 120, 128, 129, 144.
Salvia aegyptiaca L.	62, 97, 128, 132.
Sansevieria abyssinica N.E. Br.	56, 75, 141.
Schizachyrium exile (Hochst.) Stapf	88, 138.
Schmidtia pappophoroides Steud.	97, 107, 109, 119, 136.
Schoenefeldia gracilis Kunth	127, 136.
Schoenus nigricans L.	57.
Schouwia Schimperi Jaub. & Spach	81, 90, 133.
Scirpus brachyceras Hochst. ex A. Rich.	41, 57, 137, 139.
(= *Scirpus corymbosus* Forssk.)	
Scirpus praelongatus Poir	91.
Scirpus supinus L.	
Sclerocarpus africanus Jacq. ex Murr.	89, 104, 137.
Scoparia dulcis L.	91, 145.
Securinega virosa (Roxb. ex Willd.) Baill.	66, 145.
Seddera latifolia Steud. & Hochst.	51, 64, 90, 130, 135, 136.
Seetzenia orientalis Decne. (= *Seetzenia africana* R. Br.)	54, 108, 133.
Sesamum alatum Thonning	54, 74, 107, 108, 136.
Sesamum indicum L.	
Sesbania arabica Steud. & Hochst. ex Phill. & Hutch.	
Sesbania cannabina (Retz.) Pers.	54.
Sesbania leptocarpa DC.	102, 103, 139.
Sesbania sesban (L.) Merrill (= *Sesbaniana punctata* DC. = *Sesbania aegyptiaca* [Poir.[Pers.	62, 138, 145.
Setaria verticillata (L.) Beauv.	110, 114, 129, 147.
Sida alba L.	64.
Sida grewioides Guill. & Perr.	64, 96, 136.
Solanum albicaule Kotschy ex Dunal	64, 78, 136.
Solanum dubium Fresen.	104, 140.
Solanum Heudelotii Dunal	136.
Solanum incanum L.	
Solanum nodiflorum Jacq	138.
Solenostemma argel (Del.) Heyne	65, 133.
Sorghum virgatum (Hack.) Stapf	49, 54, 135.
Sphaeranthus angustifolius DC.	81, 91, 136.
Sporobolus festivus Hochst. ex A. Rich.	59.
Sporobolus helvolus (Trin.) Dur. & Schinz	80, 136.
Sporobolus nervosus Hochst.	59, 78, 86.
Sporobolus pellucidus Hochst.	59, 78, 86, 127.
Sporobolus spicatus (Vahl) Kunth	136.
Sterculia setigera Del.	155.
Stereospermum kunthianum Cham.	67, 75, 82, 138, 160, 160 *bis*.
Stylosanthes flavicans Bak.	128.
Svensonia laeta (Fenzl) Moldenke	64, 88, 107, 108, 141.
Syzygium guineense (Willd.) DC.	66, 75, 82, 138, 150, 159.
Talinum caffrum (Thunb.) Eckl. & Zeyh.	56, 141.

Source : MNHN, Paris

	Pages
Tamarindus indica L.	66, 74, 76, 82, 145, 146.
Tamarix Balansae J. Gay	66, 132.
Tamarix gallica L.	
Tapinanthus acaciae	68, 120, 141.
Tapinanthus globiferus (A. Rich.) Van Tiegh.	68, 120, 139.
Tephrosia bracteolata Guill. & Perr.	138, 160.
Tephrosia leptostachya DC.	78, 103, 121, 139.
Tephrosia lupinifolia DC.	55, 136.
Tephrosia nubica (Boiss.) Bak.	64, 81, 90, 96, 101, 127, 144.
Tephrosia obcordata (Lam. ex. Poir.) Bak. (= *Requienia obcordata* (Lam. ex Poir.) DC.	65, 73.
Tephrosia plicata Oliv.	51, 54, 142.
Tephrosia purpurea (L.) Pers. var. *pubescens Bak.*	64, 65, 73, 81.
Tephrosia subtriflora Hochst. ex Bak.	64, 141
Tephrosia uniflora Pers.	78, 121, 122, 139.
Tephrosia vicioides A. Rich.	63.
Terminalia Brownii Fresen	155.
Tetrapogon cenchriformis A. Rich. (= *Tetrapogon spathaceus* (Hochst.) Hack.	107, 135.
Themeda triandra Forssk.	153.
Tinospora bakis (A. Rich.) Miers	67, 138.
Tragus berteronianus Schult	46, 55, 110, 112. 121.
Tragus racemosus (L.) All.	110, 112.
Trianthema pentandra L.	94, 123.
Trianthema polysperma Hochst. ex Oliv.	136.
Tribulus bimucronatus Viv.	54, 85, 93, 110, 111, 144.
Tribulus longipetalus Viv.	54, 107, 108, 133.
Tribulus ochroleucus Maire	54, 118, 133.
Tribulus terrestris L.	68, 80, 110, 147.
Trichodesma africanum (L.) Lehm.	90, 144, 146.
Tricholaena leucantha (A. Rich). Hochst. ex Aschers. & Schweinf.	61, 141.
Trichoneura arenaria (Steud.) Ekman	
Tripogon major Hook.	148.
Tripogon minimus (A. Rich.) Hochst. ex Steud.	59, 130, 136.
Tripogon multiflorus B. de Miré & Gillet	59, 147, 148.
Tripogon Snowdenii C. E. Hubbard	148.
Tripogon unisetus Pilger	148.
Triraphis pumilio R. Br.	135.
Typha angustifolia L. var. *australis* (Schum. et Thonn.) Graebner	57, 75, 129.
Urginea indica (Roxb.) Kunth	56, 81, 137.
Urginea nigritana Bak.	56.
Urochloa lata Hubbard	54, 129, 138.
Utricularia gibba L. subsp. *exoleta* (R. Br.) P. Tayl.	58, 91.
Utricularia inflexa Forssk. var. *stellaris* (L. f.) P. Tayl.	59, 160.
Vahlia dichotoma (Murr.) O. Ktze.	91.
Verbena dalloniana Quezel	51, 91.
Vernonia amygdalina Del.	153.
Vernonia Aschersonii Schultz Bip.	64, 80, 81, 88, 97, 98, 105, 130, 141.
Vernonia cinerascens Schultz Bip.	65, 80, 81, 88, 97, 103, 104, 105, 140.
Vernonia cinerea (L.) Less.	62, 104, 146.
Vernonia pauciflora (Willd.) Less.	89, 104, 130, 139.
Veronica Anagallis-aquatica L.	132.

Source : MNHN, Paris

	Pages
Vitex doniana Sweet	67, 82, 138, 156, 159.
Waltheria indica L.	65, 145.
Withania somnifera (L.) Dunal	
Xeromphis nilotica (Stapf) Keay (= *Randia nilotica* Stapf)	137.
Zehneria anomala C. Jeffrey	63, 149.
Ziziphus abyssinica Hochst. ex A. Rich	66.
Ziziphus mauritiana Lam.	66, 78, 83, 130.
Ziziphus spina-christi (L.) Desf.	67.
Zornia glochidiata Reichb. ex DC. (= Zornia *diphylla* Pers.)	
Zygophyllum simplex L.	54, 93.

Source : MNHN, Paris

Pages

TABLE DES FIGURES

Fig. 1. — Variations de la pluviométrie annuelle à Fada 12
Fig. 2. — Moyenne de la pluviométrie mensuelle à Fada 16
Fig. 3. — Courbes thermopluviométriques 26
Fig. 4. — Moyennes de température 31
Fig. 5. — Moyennes mensuelles de l'humidité de l'air 38
Fig. 6. — Variations de l'humidité de l'air au cours de deux journées caractéristiques 40

TABLE DES TABLEAUX

Tableau I. — Caractéristiquca de quelques précipitations 27
Tableau II. — Humidité relative 36

TABLE DES CARTES

Carte 1. — Aire de *Geigeria acaulis* Oliv. & Hiern 143
Carte 2. — Stations relictuelles d'*Adina microcephala* (Del.) Hiern et de *Stereospermum kunthianum* Cham. ..... 160 *bis*

Source : MNHN, Paris

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Pages

1° Planches au trait.

Pl. I. — Fleur de *Pancratium trianthum* Herbert. 3
Pl. II. — Épis d'*Anthephora Hochstetteri* Nees ex Hochst..... 60
Pl. III. — Plantules de Graminées..... 79
Pl. IV. — Fleur de *Barleria acanthoides* Vahl 95
Pl. V. — Quelques exemples de diaspores complexes..... 101
Pl. VI. — Quelques exemples de graines géochores..... 102
Pl. VII. — Diaspores anémochores. Exemples d'akènes aigrettés de Composées..... 105
Pl. VIII. — Diaspores anémochores. Akènes munis de longues soies des Asclépiadacées..... 106
Pl. IX. — Diaspores munies d'une expansion ailée..... 108
Pl. X. — Épillets de Graminées roulés sur le sol par le vent..... 109
Pl. XI. — Diaspores épineuses à pointes vulnérantes..... 111
Pl. XII. — Diaspores recouvertes d'appendices accrochants..... 112
Pl. XIII. — Diaspores épizoochores de *Cenchrus*..... 113
Pl. XIV. — Diaspores munies de soies rétrobarbulées..... 114
Pl. XV. — Diaspore d'*Aristida hirtigluma* Steud. ex Trin. & Rupr..... 116
Pl. XVI. — Diaspores d'*Aristida* à callus perforant..... 117
Pl. XVII. — Exemples de diaspores recouvertes de poils laineux..... 118
Pl. XVIII. — Glumelle de *Schmidtia pappophoroides* Steud. et fruit de *Commicarpus verticillatus* (Poir.) StandI..... 119
Pl. XIX. — Exemples de diaspores autochores..... 122
Pl. XX. — Fourmis moissonneuses..... 124
Pl. XXI. — Diaspores susceptibles d'être transportées par les oiseaux limicoles migrateurs.... 125

2° Planches en simili.

Pl. I. — Moyen de transport : la caravane de chameaux.
Pl. II, III, IV, V, VI. — Aspects typiques du Massif de l'Ennedi.
Pl. VII, VIII, IX. — Effets spectaculaires de l'érosion dans les grès.
Pl. X, XI, XII, XIII. — Rochers aux formes étranges.
Pl. XIV. XV, XVI, XVII. — Différents types de gueltas.
Pl. XVIII. — Mares endorhéiques.
Pl. XIX. — Nuages.
Pl .XX. — Crue d'un ouadi.
Pl. XXI. — *Chrysopogon Aucheri* Stapf, et effet d'une crue.
Pl. XXII. — *Pancratium trianthum* Herbert, et rosée.
Pl. XXIII. — Développement de la végétation en saison des pluies.
Pl. XXIV. — Plantules de ricin.
Pl. XXV, XXVI, XXVII, XXVIII, XXIX, XXX. — Quelques plantes caractéristiques l'Ennedi.
Pl. XXXI, XXXII. — Fleurs.
Pl. XXXIII. — Arbres.

Source : MNHN, Paris

TABLE DES MATIÈRES

Pages

AVANT-PROPOS 1

PRÉLIMINAIRES 4

Remerciements 4

PREMIÈRE PARTIE. — CLIMATOLOGIE

I. GÉNÉRALITÉS 8

1° L'Ennedi, pays tropical 8

2° Détermination de l'arrivée des pluies 8

3° Les saisons 9

II. PLUVIOMÉTRIE 10

1° Différents types de pluies 10

a. Ligne de grains 10

b. Orages isolés 10

c. Pluies atténuées de mousson 10

d. Pluies en marge des systèmes nuageux 11

e. Grêle 11

2° Pluviométrie annuelle 11

a. Observations pluviométriques du poste de Fada 11

— période 1935-1949 11

— période 1950-1964 11

— pluviométrie antérieure et variation interannuelle (notion de cycle) 12

b. Observations sur le Massif 13

— année déficitaire 13

— année excédentaire 14

— année moyenne 14

c. Place de l'Ennedi au Tchad 15

3° Pluviométrie mensuelle 15

4° Pluviométrie journalière 16

a. Pluviométrie journalière de Fada 16

b. Pluviométrie journalière sur le Massif 16

5° Lois générales de la saison des pluies 20

a. Brutalité de l'installation de la saison des pluies 21

b. Brutalité de l'arrêt de la saison des pluies 21

c. Allure de la saison des pluies 22

6° Localisation des tornades 22

7° Répartition des pluies à travers le Massif 23

a. Dates d'arrivée des premières grandes pluies 24

b. Évolution de la situation 24

c. Bilan général 24

8° Intensité 25

9° Nombre de jours de pluie 26

10° Classement des pluies selon leur importance 28

III. THERMOMÉTRIE 28

1° Caractères généraux 30

2° Minimums 30

a. Moyenne 30

b. Valeurs minimales 30

c. Gel 30

d. Influence de l'altitude 31

e. Minimums écologiques 31

f. Influence du rayonnement nocturne 32

g. Minimum lié aux précipitations 32

..... 33

Source : MNHN, Paris

Pages

3° Maximums ... 33
a. Moyenne ... 33
b. Valeurs maximales ... 34
c. Influence de l'altitude ... 34
d. Maximums écologiques ... 34
4° Moyenne ... 34
5° Variations journalières de la température ... 35
6° Action de la nébulosité ... 37

IV. Psychrométrie ... 37
1° Variations mensuelles ... 37
2° Variations avec la saison des pluies ... 38
3° Variations journalières ... 39
4° Tension de vapeur ... 39

V. Évaporation ... 40
1° Évaporation totale ... 40
2° Évaporation journalière au Piche ... 41
a. Comparaison de l'évaporation entre l'ombre et le soleil ... 41
b. Influence de la végétation sur l'évaporation ... 42

VI. Rosée ... 44
1° Conditions ... 44
2° Exemples ... 44
3° Rosée, sudation et rosée interne ... 45
4° Variations en fonction du support ... 45
5° Variations locales ... 46

VII. Anémométrie ... 46
1° L'Harmattan ... 46
a. Vitesse ... 46
b. Date d'apparition après la saison des pluies ... 47
c. Action sur le minimum de température ... 47
2° Vent de l'Ouest ou Sud-Ouest ... 48
a. Vitesse ... 48
b. Action de son arrivée sur la température ... 48
3° Vent de tornade ... 48
4° Vents variables ... 49

VIII. Nébulosité ... 49
1° Systèmes nuageux observés ... 49
2° Durée de l'insolation ... 50

DEUXIÈME PARTIE. — **BIOLOGIE**

I. — Principales étapes de la connaissance de la flore ... 51

II. — Spectre biologique ... 53
A. *Les formes biologiques* ... 53
1° Thérophytes ... 53
a. Plantes à cycle court ... 53
b. Différents types de thérophytes ... 54
— thérophytes érigés ... 54
— thérophytes prostrés ... 54
— thérophytes grimpants ... 55
— thérophytes rosettés ... 55
2° Géophytes ... 55
a. Géophytes à bulbe ... 55
b. Géophytes à rhizome ... 56
c. Géophytes à racines tubérifiées ... 56

Source : MNHN, Paris

Pages

3° Hélophytes ... 56
a. Hélophytes à végétation continue(tiges et feuilles) ... 57
— hélophytes rhizomateux ... 57
— hélophytes cespiteux ... 57
b. Hélophytes à végétation discontinue ... 57
— hélophytes rhizomateux ... 57
— hélophytes bulbeux ... 57

4° Hydrophytes ... 58
a. Hydrophytes à végétation continue ... 58
— hydrophytes à parties aériennes ... 58
— hydrophytes à feuilles flottantes ... 58
— hydrophytes à rosettes de feuilles radicales immergées ... 58
b. Hydrophytes à végétation discontinue ... 58
— hydrogéophytes ... 58
— hydrothérophytes ... 59

5° Hémicryptophytes ... 59
a. Hémicryptophytes subrosettés ... 59
b. Hémicryptophytes cespiteux ... 59
— nanohémicryptophytes cespiteux ... 59
— mésohémicryptophytes cespiteux scapeux ... 61
— macrohémicryptophytes cespiteux ou hémicryptophytes à touradons ... 61

6° Chaméphytes ... 61
a. Chaméphytes graminéens ... 62
— type érigé ... 62
— type complexe (érigé radicant) ... 62
b. Chaméphytes sous-ligneux ... 62
— chaméphytes sous-ligneux érigés ... 62
— chaméphytes sous-ligneux suffrutescents ... 62
— chaméphytes sous-ligneux ascendants ... 63
— chaméphytes sous-ligneux prostrés ... 63
— chaméphytes sous-ligneux grimpants ... 63
c. Chaméphytes succulents ... 63
d. Chaméphytes à tendance phanérophyte ... 63
— chaméphytes à tendance phanérophyte, buissonnants ... 64
— chaméphytes à tendance phanérophyte, érigés ... 64

7° Plurisaisonnières ... 64
a. Thérophytes à tendance plurisaisonnière ... 64
b. Plurisaisonnière à tendance suffrutescente ... 64
c. Plurisaisonnières strictes ... 65

8° Phanérophytes ... 65
a. Nanophanérophytes ... 65
b. Microphanérophytes ... 66
c. Mésophanérophytes ... 66
d. Mégaphanérophytes ... 67
e. Phanérophytes lianescents ... 67
— lianes étagées sarmenteuses ... 67
— lianes volubiles ... 67
f. Phanérophytes Palmiers ... 68

9° Parasites ... 68
a. Parasites verts ... 68
b. Parasites non verts ... 68
— parasites en relation avec son hôte par des suçoirs souterrains ... 68
— parasites aériens ... 68

B. *Bilan général* ... 69
1° Répartition des formes biologiques ... 69
2° Comparaison du spectre biologique de l'Ennedi avec ceux d'autres régions ... 70
3° Caractères du spectre biologique ... 70
— Prédominance des thérophytes ... 70
— Importance de la flore pérenne ... 71
— Rôle des lianes ... 71

Source : MNHN, Paris

Pages

III. Spectre phytométrique 71
1° Échelle de stratification 71
2° Bilan général 72
3° Plantes naines 72
4° Valeur moyenne 73
5° Valeurs exceptionnelles 74

IV. Spectre systématique 74
1° Spectre des familles 74
2° Spectre des genres 75

V. Réveil de la végétation 76
1° Action du passage du F.I.T. 76
2° Seuil de pluie 76
3° Seuil de sensibilité des graines et des bulbes 77
4° Délai entre la première pluie et les premières manifestations phénotypiques de la vie végétale 77
a. Plantes vivaces 77
— verdissement 77
— développement des bourgeons 78
— réveil immédiat 78
— réveil retardé 78
b. Thérophytes 80

VI. Phénologie florale 81
1° Importance de l'appareil florifère 81
2° Calendrier floral 82
a. Les phanérophytes 82
— phanérophytes fleurissant hors saison 82
— phanérophytes à floraison précoce 82
— cas de l'*Acacia mellifera* (Vahl) Benth 82
— cas de l'*Acacia laeta* R. Br. 82
— autres phanérophytes 83
— phanérophytes fleurissant en fin de saison des pluies 83
— phanérophytes des berges des ouadis 83
— phanérophytes des mares d'hivernage 84
— phanérophytes à floraison tardive 84
— phanérophytes à floraison prolongée 84
b. Plantes basses 84
— thérophytes à cycle court à floraison précoce et avec possibilité d'une floraison étalée 85
— géophytes bulbeux 85
— plantes fleurissant au moment de l'optimum de floraison 85
— floraison de *Gynandropsis gynandra* (L.) Briq. 86
— floraison des nanohémicryptophytes cespiteux subrosettés 86
— épiaison du *Cenchrus biflorus* Roxb. et des thérophytes graminéens 86
— floraison de *Chascanum marrubiifolium* Fenzl ex Walp. 87
— floraison annonçant la fin de la saison des pluies 87
— plantes fleurissant en début de saison sèche 87
— plantes des rocailles 87
— thérophytes des regs pierreux 88
— plantes des zones limoneuses 89
— cas des Légumineuses à folioles larges 89
— cas des Composées 89
— cas des Convolvulacées 89
— plantes des milieux divers 90
— plantes à floraison tardive 90
— plantes de l'Ennedi rocheux (à floraison tardive) 90
— plantes des fonds de mares desséchées (à floraison tardive et prolongée) 90

Source : MNHN, Paris

Pages

— plantes à floraison quasi continue 91
— voisinage des sources 91
— biefs humides 91
— plantes fleurissant en saison sèche 92
3° Horloge florale 92
a. Floraison nocturne 92
b. Floraison nocturne élargie (de la tombée du jour au lever du jour suivant) 92
c. Floraison matinale 92
— floraison en début de matinée 93
— floraison dans le courant de la matinée 93
— floraison en fin de matinée 94
d. Floraison pendant l'après-midi 96
e. Floraison continue ou sans horaire fixe 96
f. Cas des Graminées 97
4° Albiflorie 97
VII. Plantes à éclipse 98
1° Plante à sppareil végétatif hypogé 99
2° Thérophytes 99
VIII. Dissémination des espèces 99
1° Généralités. Vents. Eaux. Vortex 100
2° Diaspores géochores 100
a. Diaspores lourdes 103
— cas des Légumineuses 103
— cas des Convolvulacées rampantes 103
— cas des plantes grimpantes 103
— cas des plantes répsndues par taches 104
b. Diaspores légères 104
3° Diaspores anémochores 104
a. Diaspores flottant au vent 104
— skènes aigrettés des Composées 104
— akènes munis de longues soies des Asclépiadacées 104
b. Diaspores munies d'un dispositif alaire 104
— graines entourées d'une membrane ailée circulaire 107
— diaspores munies d'une expansion ailée 107
c. Diaspores roulées sur le sol 107
— importance du phènomène 107
— adaptations particulières 107
— épillets ronds des Graminées 107
— fragments entiers d'inflorescence de Graminées 107
— plumets des Stipées 107
— enchevêtrement des diaspores 110
4° Diaspores zoochores 110
A. Diaspores épizoochores 110
a. Diaspores épineuses 110
b. Diaspores recouvertes d'appendices accrochants 110
— sppendices uncinés 110
— soies retrobarbulées 110
c. Diaspores à callus perforant 110
d. Diaspores recouvertes de poils laineux entremêlés 115
e. Diaspores à poils glanduleux et visqueux 115
B. Diaspores endozoochores 115
a. Graines des *Acacia* 115
b. Drupes et baies 115
— datte 120
— fruits visqueux 120
c. Faux fruits 120
5° Diaspores ombrohydrochores 120
6° Fruits autochores 121
7° Rôle des fourmis moissonneuses 121
8° Rôle des oiseaux migrateurs 123
126

Source : MNHN, Paris

Pages

IX. Biocénoses 126
1° L'Ennedi, refuge de biocénoses naturelles 126
2° Bastions rocheux accessibles aux seuls mouflons 127
3° Zone arborée dense, refuge de l'avifaune 128
a. Analyse succincte de la strate arborée 128
b. Analyse succincte de la faune 128
— oiseaux 128
— percheurs 128
— coureurs 129
— mammifères 129
4° Gorges profondes, repaire des Cynocéphales 129

X. Groupements végétaux (résumé) 129
1° Les grandes plaines sablonneuses de dégagement 130
2° Les plateaux pierreux supérieurs 130
3° Les ouadis 130
4° Les bas-fonds limoneux et argileux 130
5° Les grandes gorges 130

TROISIÈME PARTIE. — **ANALYSE BIOGÉOGRAPHIQUE** (1)

I. L'Ennedi, carrefour biogéographique 131

II. Élément méditerranéen 131

III. Élément désertique 132
1° Élément omnisaharien 132
a. Sous-élément à souche Nord saharienne 132
b. Sous-élément saharien tropical 132
c. Sous-élément montagnard 133
2° Élément occidental 133
3° Élément Saharo-méridional 133
4° Élément désertique Nord-Sud tropical 134
5° Bilan général 134

IV. Élément tropical 134
1° Définition des principaux secteurs phytogéographiques 134
2° Élément sahélien 135
a. Espèces Nord sahéliennes 135
b. Espèces Sud sahéliennes 135
c. Espèces sahéliennes (omnisahéliennes) 136
d. Espèces centre sahéliennes 137
3° Elément soudanien 137
a. Espèces Nord soudaniennes 137
b. Espèces Sud soudaniennes 137
c. Espèces soudano-guinéennes 138
d. Espèces soudaniennes (omnisoudaniennes) 138
e. Espèces soudaniennes extensives 138
4° Elément tropical oriental 139
a. Espèces sahéliennes orientales 140
b. Espèces soudaniennes orientales 140
c. Espèces éthiopiennes 141
d. Espèces de souche du Darfur Kordofan 141
e. Espèces montagnardes de l'Afrique orientale et australe 142
f. Espèces distribuées actuellement en Afrique du Sud 142

Élément de liaison saharo-tropical 143
1° Espèces à concentration Sud sahélienne et Nord soudanienne 143
2° Espèces à concentration sahélienne 144

(1) Pour le détail voir le tableau récapitulatif p. 150.

Source : MNHN, Paris

Pages

VI. Élément de liaison tropical 145
1° Espèces communes en Afrique intertropicale 145
2° Paléotropicales 145
3° Pantropicales 145
4° L'Ennedi, lieu d'élection de banalités tropicales 145
VII. Élément subcosmopolite 146
1° Subcosmopolites vraies 146
2° Thermocosmopolites 147
VIII. Élément endémique 147
1° Endémiques de l'arc montagneux Centre Sud saharien 147
2° Endémiques ennediens 148
3° Endémique Ennedi-Ouaddaï 149
IX. Composition globale 149
X. Tableau récapitulatif 150

Quatrième Partie. — PEUPLEMENT VÉGÉTAL

A. Esquisse générale du peuplement végétal 152

1° Richesse aréale 152
2° Comparaison de la flore de l'Ennedi avec celle des Massifs Sud sahariens (Tibesti, Aïr).. 152
3° Comparaison de la flore de l'Ennedi avec celle du Djebel Marrah 153

B. Essai d'interprétation du peuplement végétal. — Modifications floristiques passées et récentes 154

I. L'Ennedi secondaire 154
II. L'Ennedi tertiaire 154
1° Aperçu géologique 154
2° Evolution de la flore 154
III. — L'Ennedi quaternaire et néolithique 155
1° Principales phases 155
2° Faits généraux 156
3° Modifications climatiques récentes 157
4° Hypothèse sur les causes de l'assèchement actuel 157
IV. L'Ennedi protohistorique 157
V. Relictes végétales 158
1° Relictes climatiques 158
a. relictes soudano-guinéennes 159
b. relictes soudaniennes 159
2° Relictes géographiques 161

CONCLUSION 162

BIBLIOGRAPHIE 163

LISTE DES NOMS GÉOGRAPHIQUES CITÉS (ouadis, lieux-dits, localités) 167

TABLEAU GÉNÉRAL DES PLANTES SPONTANÉES DE L'ENNEDI, classées par famille, avec mention de leur forme biologique et de leur aire de répartition 170

INDEX ALPHABÉTIQUE DES ESPÈCES 184

Source : MNHN, Paris

Pages

TABLE DES FIGURES 197

TABLE DES TABLEAUX 197

TABLE DES CARTES 197

TABLE DES ILLUSTRATIONS 198

1° Planches au trait 198

2° Planches en simili 198

TABLE DES MATIÈRES 199

Imprimerie Nationale. — 7 564022 6

PLANCHES

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

PLANCHE I

En haut : notre caravane de 13 chameaux (dont 7 personnels) sur le plateau Magordonga au N.-E. de l'Ennedi. Photo prise le 5 septembre 1964.

En bas : la même caravane lors d'une courte halte sur le haut plateau dominant Aga Dubé, le 1er septembre 1964.

7 564022 6.

BIBL. DU

1/4 Source : MNHN, Paris

PLANCHE II

En haut : une des faces du Mont Deli, inexpugnable forteresse formant un bastion détaché sur la partie sud de l'Ennedi. Photo prise le 10 octobre 1964.

En bas : une des buttes témoins avancées de l'Ennedi, la plus remarquable, surnommée le Mont Saint-Michel, appelée localement Ouagif (en Arabe) ou Taouni (en Gorane). Photo prise le 21 juillet 1958.

BIBL. DU MUSEUM

Source : MNHN, Paris

PLANCHE III

En haut : la gorge d'Archeï creusée dans les grès gotlandiens, station relictuelle de crocodile. Photo prise le 25 juillet 1964.

En bas : vue générale du Sud Ennedi, prise du plateau supérieur du Mont Aloba. Photo prise le 4 août 1964.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE IV

Deux exemples de gorges relictuelles

En haut : la vallée Bachikélé à *Rauvolfia caffra* Sond. et à *Adina microcephala* (Del.) Hiern. Berges à *Crotalaria mucronata* Desv.. Photo prise le 20 juillet 1958.

En bas : fond de la gorge Maya, à *Phœnix dactylifera* L. apparemment sauvages et à *Syzygium guineense* (Willd.) DC.. Photo prise le 20 août 1965.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE V

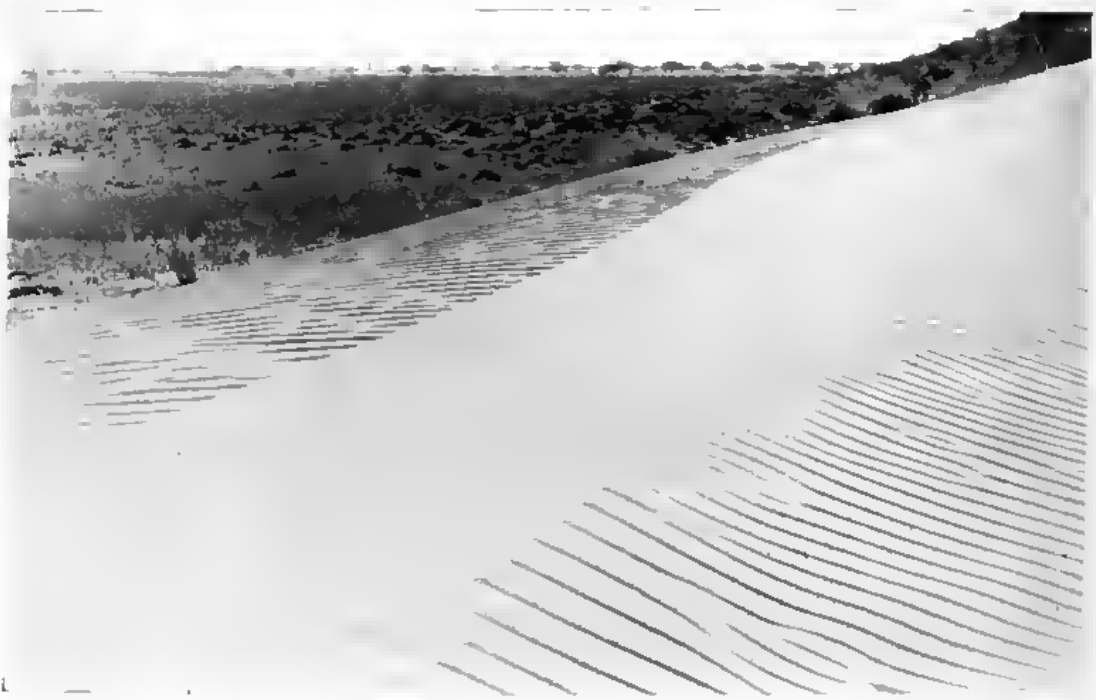
En haut : la profonde et sinueuse vallée de l'O. Dougouro qui s'élargit encore à l'arrière-plan (vue vers le N.E.).

En bas : le plateau Dougouro (vue vers le S.O.).
Photos prises le 30 septembre 1958.

7 564022 6.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE VI



En haut : plaine de Fada. On distingue l'oasis et les premières cases en haut et à gauche. Photo prise le 29 septembre 1964.

En bas : formation d'une dune par accumulation de sable sous le vent (cône de sable). Photo prise le 16 septembre 1964 entre l'O. Archi et l'O. Birré.

BIBL. OU

Source : MNHN, Paris

PLANCHE VII

En haut : démantèlement par l'érosion des grès siluriens : massif de Bachikélé, photo prise le 21 août 1959.

En bas : creusement des grès dévoniens par le torrent Erdébéché avant de tomber dans le gouffre de Kobouné, photo prise le 23 septembre 1964.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE VIII

Deux aspects de l'O. Koboué

En haut : la branche orientale creusée dans les grès « pourris ». Photo prise le 15 septembre 1962.

En bas : la branche occidentale, canyon impressionnant de plus de 400 mètres d'à-pic. Photo prise le 25 septembre 1958.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE IX

En haut : l'un des plus grands ouadis de l'Ennedi, l'O. Basso, dans la portion de son cours appelée Kennemena. Photo prise le 23 septembre 1959.

En bas : portion d'oued, formée de blocs roulés, caractéristique de l'étage submontagnard : l'O. Timidinga. Pour progresser la meilleure solution est de sauter de bloc en bloc. Photo prise le 24 septembre 1959.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE X

Nulle part ailleurs que dans l'Ennedi la nature n'a sculpté des rochers aux formes aussi étranges et suggestives. Photo supérieure prise le 25 septembre 1964 sur le plateau Djorma, photo inférieure prise le 14 août 1965 près de Nordaemanna.

BIBL. DU

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XI

L'énorme masse de grès de l'Ennedi est burinée de partout

En haut : rocher semblant taillé, photo prise le 28 septembre 1964 près du confluent de l'O. Ely et de l'O. Aouka.

En bas : cheminée de fée, photo prise au rocher Gaora Halangana (près du rocher Sevré au sud-est de Fada) le 4 octobre 1964.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XII

Dans les grès siluriens, pan de falaise photographié au col des chameaux, au-dessus de Fada, le 29 septembre 1964.

Dans les grès dévoniens, rocher curieusement érodé, photographié sur le haut plateau dominant Aga Dubé le 1er septembre 1964.

Effets spectaculaires de l'érosion

BIBL. DU MUSEUM

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XIII

En haut : une cheminée, seul vestige d'une série de grès à aspect feuilleté presque totalement déblayés par l'érosion.

En bas : grès schisteux (comme « ardoisé ») à la base d'une série de grès compacts. Photos prises à Chehenné (entre Am Diguin et Nohi Chilio) le 17 août 1958.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XIV

Deux aspects de la très pittoresque guelta d'Aoué bordée d'*Adina microcephala* (Del.) Hiern. et *Phoenix dactylifera* L. Photo du haut prise le 29 septembre 1959, celle du bas le 10 octobre 1959.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XV

La même guelta (située au-dessus de la guelta principale d'Aoué)
à deux époques différentes

En haut : peu de temps après le passage de la crue, photo prise le 18 août 1965.

En bas : un mois après la fin des pluies, photo prise le 29 septembre 1959.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XVI

En haut : assèchement d'une guelta (guelta de l'"O. Ely). En raison de l'évaporation intense pendant le jour et très lente pendant la nuit, l'assèchement se fait par gradins successifs. Il est possible de compter ici 26 marches correspondant à 26 jours d'évaporation après la dernière pluie. Photo prise le 27 septembre 1964.

En bas : guelta de rocher, Guelta Michero. Photo prise le 11 septembre 1964.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XVII

Deux types de gueltas

En haut : guelta de surcreusement située à l'à-pic d'une falaise : guelta située sur la branche orientale de tête de l'O. Koboué. Photo prise le 15 septembre 1962.

En bas : guelta résiduelle après le passage de la crue. Photo prise dans le lit de l'O. Kordi le 19 septembre 1964.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XVIII

Deux types de mares

En haut : mare profonde arborée à *Acacia nilotica* (L.) Willd. ex Del. et à *Scirpus brachyceras* Hochst. ex A. Rich., mare Kehel. Photo prise le 28 août 1962.

En bas : mare plate de plateau, alimentée par endorhéisme : mare de Gourka. Photo prise le 20 août 1962.

BIBL. DU MUSEUM

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XIX

Ciel de saison des pluies

En haut : cumulus bourgeonnant. Photo prise vers 15 heures le 6 août 1964 à 6 kilomètres au nord du Mont Aloba.

En bas : la cime du Mont Aloba femelle telle qu'elle apparaît baignée par les nuages, le 4 août 1964 à 7 heures du matin.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XX

En haut : l'arrivée du flot écumant de la crue est un spectacle saisissant.

En bas : la gorge de l'O. Basso qui fait à cet endroit une vingtaine de mètres de profondeur se remplit presque complètement avec le passage de la crue.

Photos prises le 6 août 1962.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXI

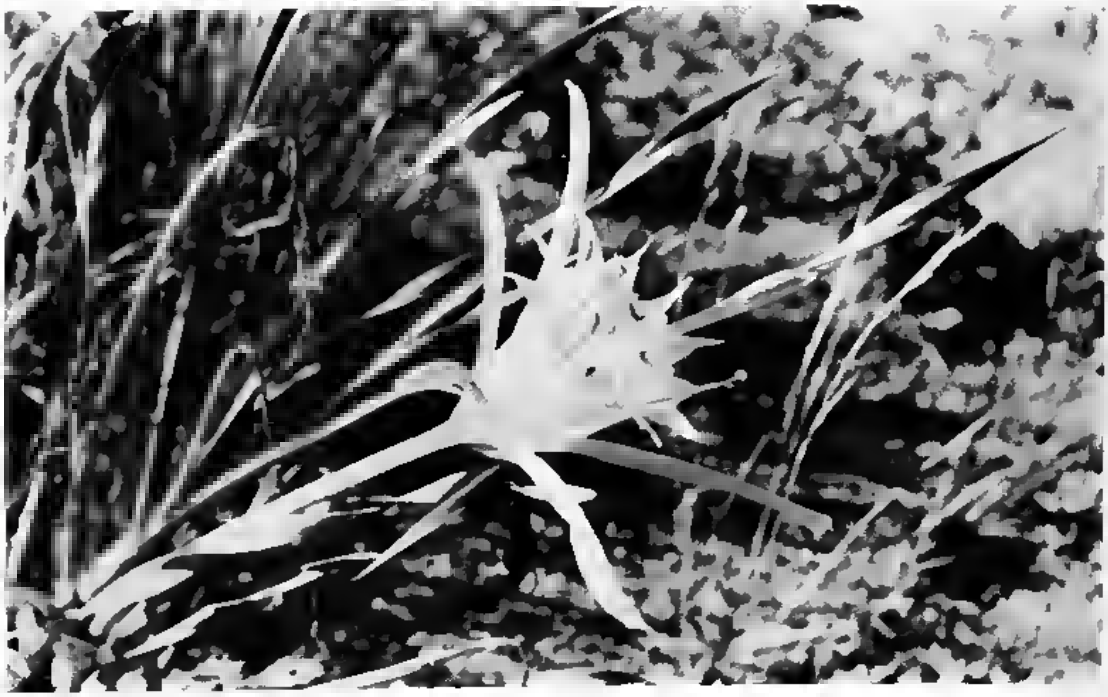
En haut : une des plantes les plus typiques de l'étage supérieur de l'Ennedi, *Chrysopogon Aucheri* Stapf var. *quinqueplumis* (A. Rich.) Stapf. Photo faite entre les deux branches de Koboué le 22 septembre 1964.

En bas : Effet spectaculaire de la crue de l'O. Birré qui en rongeant sa berge a déraciné un bel exemplaire d'*Acacia raddiana* Savi. Photo prise le 16 septembre 1964.

BIBL. DU

Source : MNHN, Paris

Planche XXII



En haut : fleur de *Pancratium trianthum* Herbert.

En bas : gouttes de rosée sur une feuille de *Cenchrus biflorus* Roxb., au moment où sous l'action du réchauffement elles commencent à perdre leur rotondité. Photo prise à Barba le 11 août 1962 au lever du soleil.

Source : MNHN, Paris

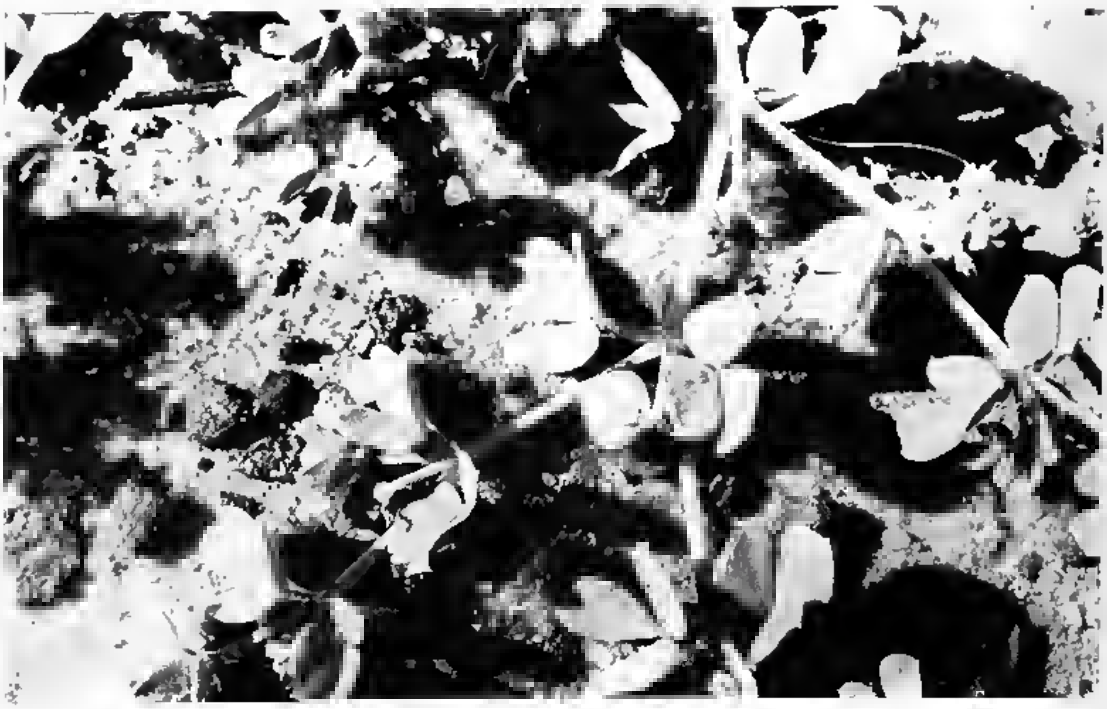
PLANCHE XXIII

En haut : la mare de Kehel est le type des mares arborées de l'Ennedi. Elle ne diffère en rien des mares sud-sahéliennes à *Acacia nilotica* (L.) Willd. ex Del..

En bas : autour de cette mare le développement des lianes et en particulier du *Coccinia grandis* (L.) J. O. Voigt, est tel que cette espèce s'entrelaçant sur elle-même arrive à former des manchons inextricables de verdure.
Photos prises le 28 août 1962.

Source : MNHN, Paris

Planche XXVI

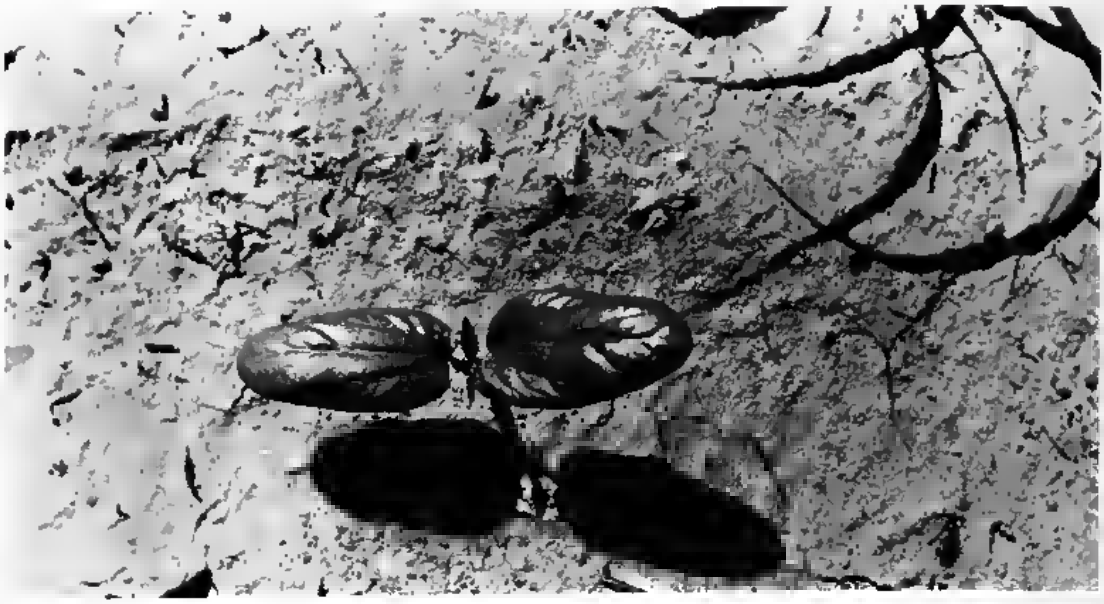


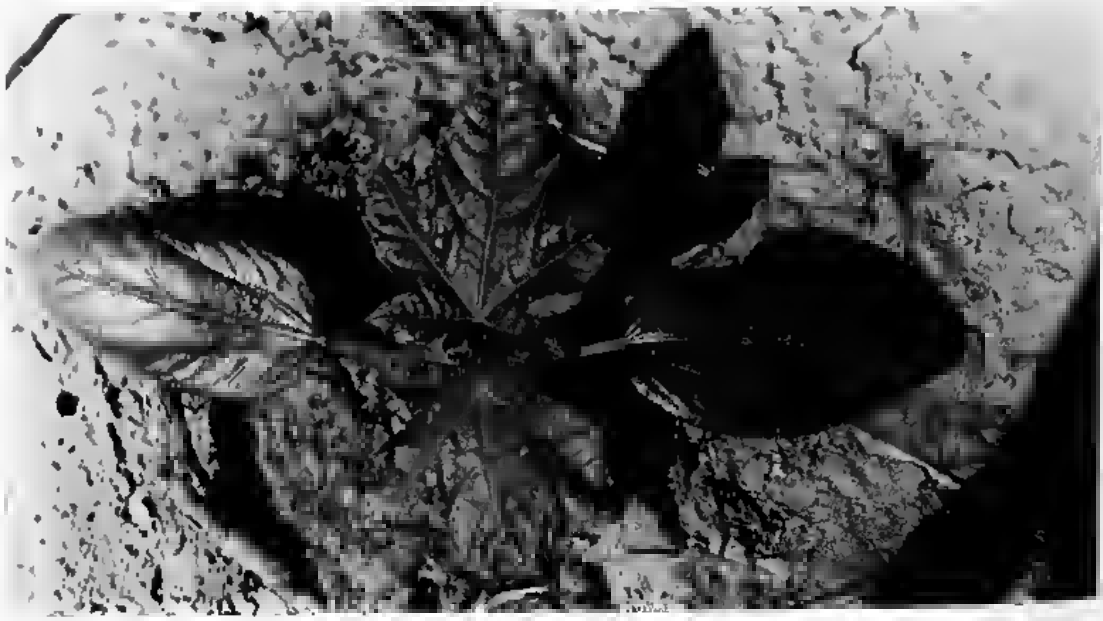
En haut : Seetzenia orientalis Decne., plante prostrée aux feuilles trifoliolées. Photo prise le 11 septembre 1964 sur le plateau Michero.

En bas : fruit épineux de *Glossonema boveanum* (Decne.) Decne.. Photo prise entre Erdébéché et Djorma le 24 septembre 1964.

Source : MNHN, Paris

Planche XXIV





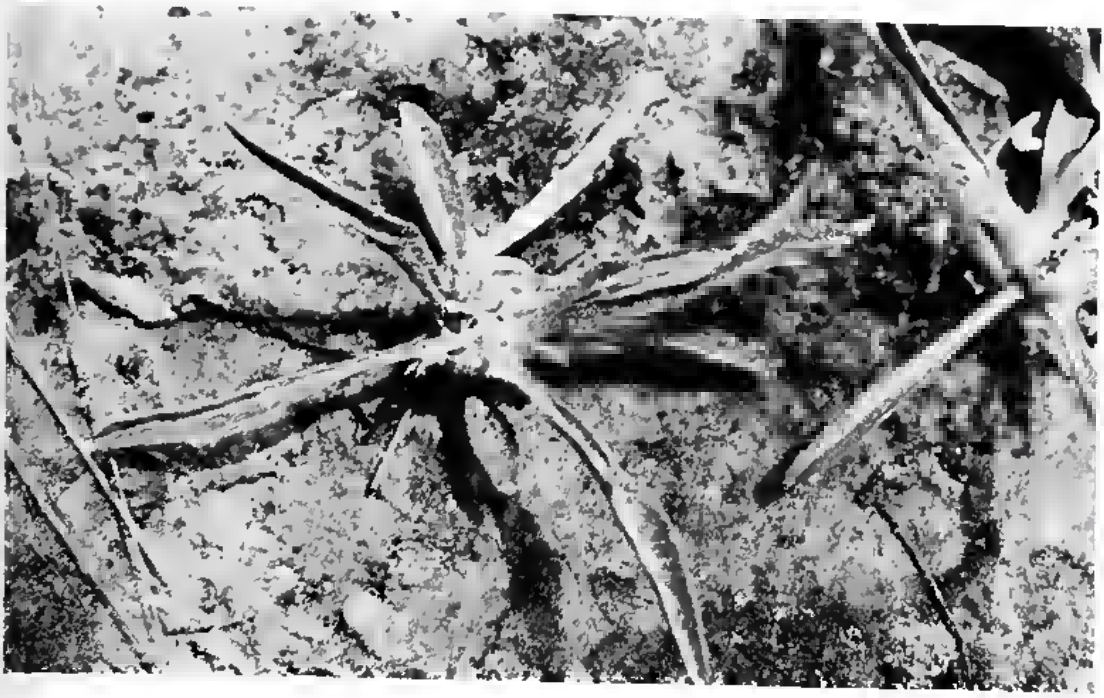
Plantules de *Ricinus communis* L. var. *minor* subspontané au bord de l'O. Koïnamena. Photos faites le 26 août 1964

En haut : plantule au stade 2 feuilles cotylédonnaires.

En bas : apparition des deux premières feuilles.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXV



Geigeria acaulis Oliv. et Hiern : la plante sous deux aspects différents

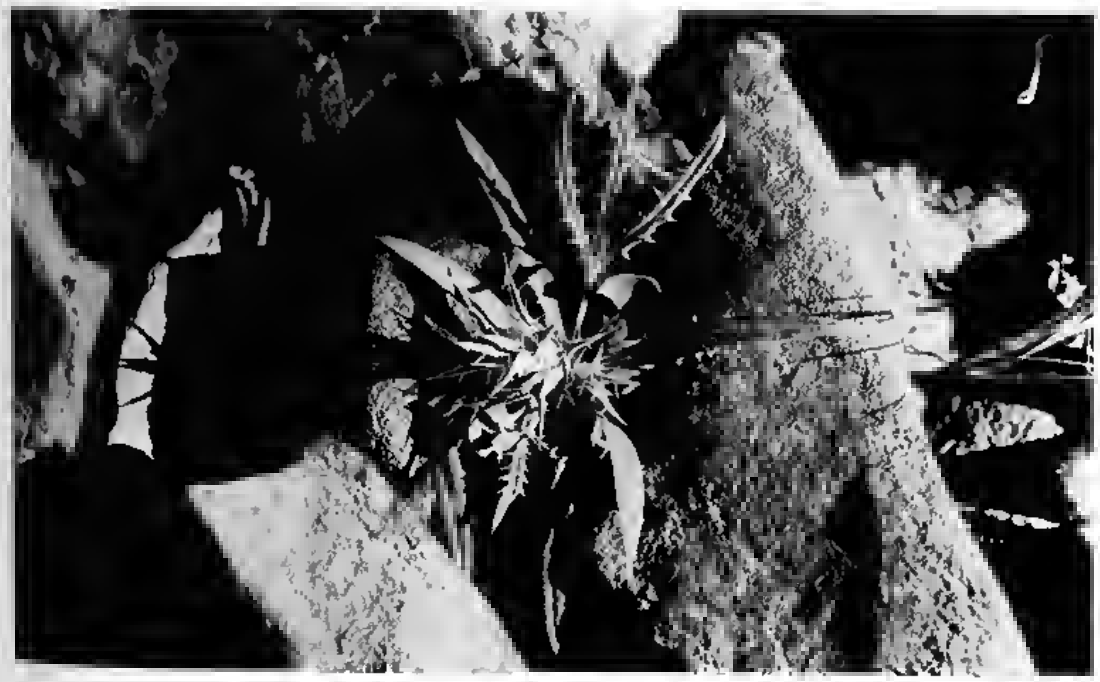
En haut : la plante à l'état fleuri en pleine végétation.

En bas : la plante à l'état fructifié et desséché, telle qu'elle se présente sur le terrain pendant des années.

Photos prises près de l'O. Brou le 26 août 1962.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXVII



En haut : fruits mûrs de *Coccinia grandis* (L.) J.O. Voigt, Cucurbitacée qui fructifie abondamment uniquement les années pluvieuses. Photo faite le long d'un petit ouadi du versant nord, le 20 septembre 1964.

En bas : Blepharis linariifolia Pers. aux feuilles cotylédonaires réniformes et aux feuilles normales linéaires. Photo faite sur le plateau Kordi le 20 septembre 1964.

Source : MNHN, Paris

Planche XXVIII

En haut : l'arête plumeuse de l'*Aristida hirtigluma* Steud. ex Trin. & Rupr. poussée par le vent, entraîne dans un mouvement de rotation la colonne torsadée de la graine. Celle-ci s'enfonce alors dans le sol. Photo prise sur une plate-forme rocheuse à Bakabé (derrière le Mont Fada) le 6 octobre 1964.

En bas : la station unique de *Clematis hirsuta* Guill. et Perr. dans l'Ennedi. La plante le jour de la photo (20 août 1965) n'est pas encore fleurie.

Source : MNHN, Paris

BIBL. DU MUSEUM D'HIST. NATUR.

Portion d'une inflorescence en pleine anthèse de *Cenchrus ciliaris* L., éclairée par les premiers rayons du soleil levant. Photo prise le 11 septembre 1959 sur les berges de l'O. Michero.

Vieux Palmiers doums fourchus *Hyphaene thebaica* (L.) Mart., aux troncs garnis par les rachis des feuilles passées. Photo prise dans la gorge sauvage de Maya, le 20 août 1965.

Source . MNHN, Paris

PLANCHE XXX

En haut : une Asclépiadacée succulente, rare dans l'Ennedi, *Caralluma Dalzielli* N.E. Br., accrochée sur le haut lit de l'O. Erdébéché. Photo prise le 23 septembre 1964.

En bas : plantule de *Colocynthis vulgaris* Schrad. poussant sur les berges de l'O. Michero. Photo prise le 11 septembre 1964.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXXI

Deux fleurs s'épanouissant en plein soleil

En haut : *Astripomoea lachnosperma* (Choisy) Meeuse épanouie entre 7 et 10 heures. Photo prise le 27 août 1962 dans une dépression entre O. Brou et Keheï.

En bas : *Pavonia arabica* Steud. et Hochst. ex Boiss. dont la corolle n'est étalée qu'entre 10 h. 30 et 12 heures. Photo prise près de la mare de Gourka le 20 août 1962.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXXII

En haut : la principale station de *Nymphaea rufescens* Guill. & Perr. de l'Ennedi : la Mare de Soboro à *Scirpus brachyceras* Hochst. ex A. Rich..

En bas : fleur du même *Nymphaea*.

Photos prises le 19 septembre 1958.

BIBL. DU MUSEUM D'HIST.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXXIII

En haut : Acacia raddiana Savi typique : photo prise le 28 juillet 1964 à Keili Ketena (Ennedi).

En bas : Maerua crassifolia Forssk. fournissant grâce à sa frondaison compacte une ombre recherchée. Photo prise le 9 septembre 1964 près de l'O. Matar sur la bordure Nord de l'Ennedi.

BIBL. MU

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

Portion d'une inflorescence en pleine anthèse de *Cenchrus ciliaris* L., éclairée par les premiers rayons du soleil levant. Photo prise le 11 septembre 1959 sur les berges de l'O. Michero.

Vieux Palmiers doums fourchus *Hyphaene thebaica* (L.) Mart., aux troncs garnis par les rachis des feuilles passées. Photo prise dans la gorge sauvage de Maya, le 20 août 1965.

BIBL. DU MUSEUM D'HIST. NATUR.

Source : MNHN, Paris

Planche XXX

En haut : une Asclépiadacée succulente, rare dans l'Ennedi, *Caralluma Dalzielli* N.E. Br., accrochée sur le haut lit de l'O. Erdéhéché. Photo prise le 23 septembre 1964.

En bas : plantule de *Colocynthis vulgaris* Schrad. poussant sur les berges de l'O. Michero. Photo prise le 11 septembre 1964.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXXI

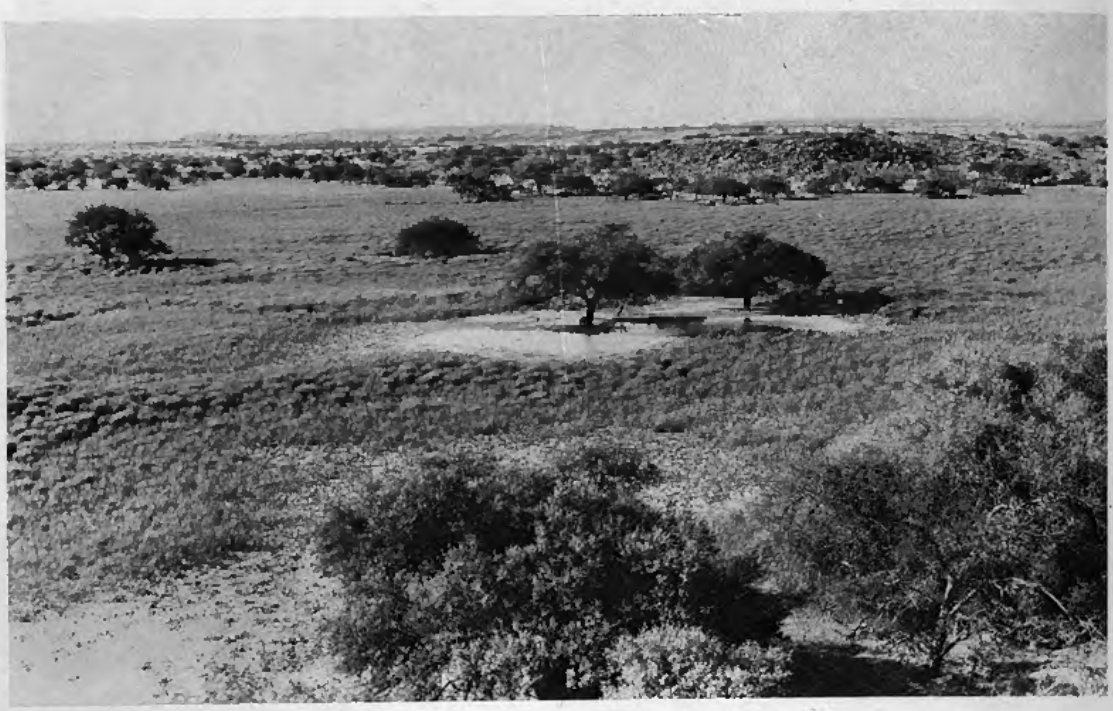
Deux fleurs s'épanouissant en plein soleil

En haut : Astripomoea lachnosperma (Choisy) Meeuse épanouie entre 7 et 10 heures. Photo prise le 27 août 1962 dans une dépression entre O. Brou et Kehei.

En bas : Pavonia arabica Steud. et Hochst. ex Boiss. dont la corolle n'est étalée qu'entre 10 h. 30 et 12 heures. Photo prise près de la mare de Gourka le 20 août 1962.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXXII



En haut : la principale station de *Nymphaea rufescens* Guill. & Perr. de l'Ennedi : la Mare de Soboro à *Scirpus brachyceras* Hochst. ex A. Rich..

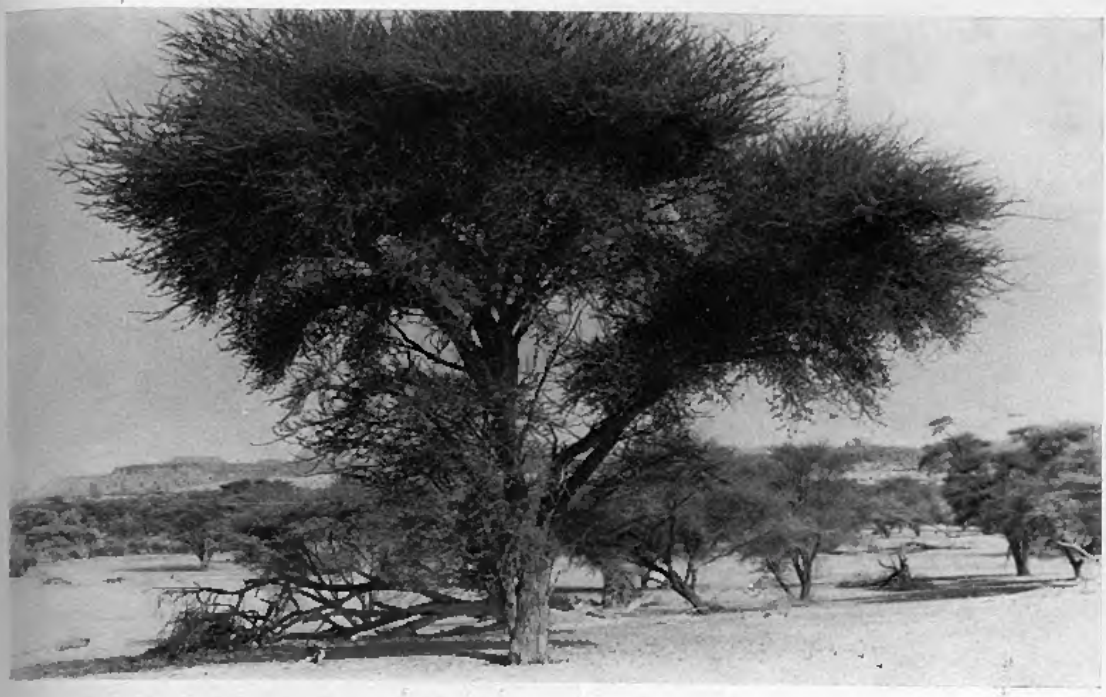
En bas : fleur du même *Nymphaea*.

Photos prises le 19 septembre 1958.

BIBL. DU MUSEUM D'HIST.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXXIII



En haut : Acacia raddiana Savi typique : photo prise le 28 juillet 1964 à Keili Ketena (Ennedi).

En bas : Maerua crassifolia Forssk. fournissant grâce à sa frondaison compacte une ombre recherchée. Photo prise le 9 septembre 1964 près de l'O. Matar sur la bordure Nord de l'Ennedi.

BIBL. MU

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris